

Monographien

über

angewandte Elektrochemie

unter Mitwirkung von

Dr. E. Abel, Privatdozent an der Technischen Hochschule, Wien. — E. G. Acheson, Präsident der International Acheson Graphite Co., Niagara-Falls, N. Y. — Dr. H. Alexander, Chemiker, Berlin. — Dr. P. Askenasy, Direktor des Konsortiums für elektrochemische Industrie, Nürnberg. — H. Becker, Herausgeber von „L'Industrie électrochimique“, Paris. — Anson G. Betts, Elektrometallurg, Troy, N. Y. — Geheimer Regierungs-Rat Dr. W. Borchers, Professor an der Technischen Hochschule, Aachen. — J. Bronn, Chemiker, Berlin-Wilmersdorf. — Dr. E. Busch, Elektrochemiker, Prag. — Geheimer Regierungs-Rat Dr. A. Classen, Professor an der Technischen Hochschule, Aachen. — Sh. Cowper-Coles, Elektrochemiker, London. — Dr. F. Dieffenbach, Professor an der Technischen Hochschule, Darmstadt. — Dr. J. Ephraim, Chemiker und Patentanwalt, Berlin. — Dr. G. Erlwein, Chefchemiker der Siemens & Halske A.-G., Berlin. — Dr. P. Ferchland, Chemiker und Patentanwalt, Berlin. — A. J. Fitz-Gerald, Niagara-Falls New York. — H. Gall, Direktor der Société d'Electrochimie, Paris. — G. Gin, Elektrometallurg, Paris. — Dr. S. Grünauer, Chemiker, Wien. — Dr.-Ing. F. E. Günther, Hütten-Ingenieur, Aachen. — Dr. F. Haber, Professor an der Technischen Hochschule, Karlsruhe. — Dr. J. Hanauer, Ingenieur, Frankfurt a. M. — Dr. G. Hausdorff, vereideter Chemiker, Essen. — Dr. M. Huth, Chemiker der Siemens & Halske A.-G., Berlin. — J. B. C. Kershaw, F. I. C. Elektrochemiker, London. — Staatsrat A. Krakau, Professor am elektrotechn. Institut, St. Petersburg. — Dr. H. Landolt, Direktor der Gesellschaft für elektrochem. Industrie, Turgi. — Dr. M. Le Blanc, Professor, Leipzig. — Dr. R. Lorenz, Professor am eidgen. Polytechnikum, Zürich. — Dr. R. Lucion, Direktor von Solvay & Co., Brüssel. — Dr. Ing. O. v. Miller, Kgl. Baurat, München. — A. Minet, Herausgeber von „L'Electrochimie“, Paris. — Dr. A. Miolati, Professor am Kgl. italienischen Gewerbemuseum, Turin. — Reg.-Rat A. Nettel, Mitglied des Patentamtes, Berlin. — Dr. B. Neumann, Professor an der Techn. Hochschule, Darmstadt. — Dr. K. Norden, Ing., Berlin. — H. Nissenson, Direktor bei der Aktien-Gesellschaft zu Stolberg und in Westfalen, Stolberg. — Dr. W. Palmaer, Professor an der Technischen Hochschule, Stockholm. — Dr. F. Peters, Professor an der Königl. Bergakademie, Berlin. — Dr. W. Pfanhauser, Fabrikant, Wien. — Dr. P. Rehländer, Elektrochemiker, Charlottenburg. — Dr. J. W. Richards, Professor an der Lehigh-University, Bethlehem, Pa. — A. J. Rossi, Elektrometallurg, New York. — Dr.-Ing. M. Schlötter, Chemiker, Leipzig. — E. Stassano, Elektrometallurg, Rom. — Titus Ulke, Elektrometallurg und Hütteningenieur, New York. — M. v. Uslar, Dipl. Hütteningenieur der Siemens & Halske A.-G., Berlin. — Dr. J. Zellner, Professor an der Staatsgewerbeschule, Bielitz

und anderer Fachgenossen

herausgegeben

von

Viktor Engelhardt,

Oberingenieur und Chefchemiker der Siemens & Halske A.-G., Berlin.

XXX. Band.

Halle a. S.

Verlag von Wilhelm Knapp.

1908.

Thermoelemente^{cell} und^{pile} Thermosäulen.

Ihre Herstellung und Anwendung.

Von

Professor Dr. Franz Peters,

Dozent an der königlichen Bergakademie zu Berlin.

Mit 192 in den Text gedruckten Abbildungen.

Halle a. S.

Verlag von Wilhelm Knapp.

1908.

1241

624

NO 2. 30

Vorwort.

Wie für die primären Elemente überhaupt fehlt auch für die Thermolemente und die aus ihnen aufgebauten Säulen bisher eine umfassende Zusammenstellung der im Laufe von fast einem Jahrhundert in Patent- und Zeitschriften gemachten Vorschläge und damit ein zuverlässiges Nachschlagebuch für den Erfinder und Patentanwalt, den Elektrotechniker und Elektrochemiker, den Physiker und jeden, der sich beruflich oder gelegentlich mit diesen Quellen des elektrischen Stromes zu beschäftigen hat. Die hauptsächlichsten Erscheinungen bis Mitte 1896 habe ich zwar im ersten Bande meiner bei A. Hartleben, Wien, erschienenen „Angewandten Elektrochemie“ berücksichtigt, und vom Jahre 1900 ab verfolgt das von mir herausgegebene „Centralblatt für Accumulatoren-Technik und verwandte Gebiete“ die literarischen Veröffentlichungen, soweit sie mir zugänglich sind, in aller Ausführlichkeit. Dennoch dürfte vorliegendes Buch zu jenen beiden Publikationen und zu anderen eine erwünschte Ergänzung bilden, zumal sich nach einer längeren Zurückhaltung die Erfindertätigkeit auf dem Gebiete der Thermolemente und Thermosäulen in den letzten Jahren wieder lebhafter regt, und es nicht ausgeschlossen ist, daß die Thermosäulen, ähnlich dem elektrischen Sammler, allmählich aus dem Laboratorium des Gelehrten heraustreten und eine

Quelle zur Erzeugung elektrischer Energie werden, mit der in der Praxis auch für größeren Strombedarf gerechnet werden muß. Die Vollständigkeit ist nicht durch die Rücksicht auf eine oft unfruchtbare kritische Auslese beschränkt worden, da auch in dem scheinbar absurdesten Vorschlage ein Samenkorn liegen kann, das sich, wenn auch spät, zu einer kräftigen Pflanze entwickelt. Arbeiten rein theoretischer Natur wurden nicht berücksichtigt.

Der Stoff ist so eingeteilt worden, daß nach einer Einleitung erst die Thermoelemente besprochen worden sind, deren Hauptkennzeichen in der chemischen Beschaffenheit ihrer Elektrodenmaterialien liegen. Dann ist auf die mechanische Ausbildung der Thermoelemente und im Anschluß daran auf ihren Zusammenbau zu Säulen und auf ihre Anwendung eingegangen worden. Sollte die Beschreibung der einzelnen Elemente und Säulen nicht zu sehr auseinandergerissen und sollte eine häufige Wiederholung vermieden werden, so ließ es sich allerdings nicht umgehen, daß in ein Kapitel manches mit hineingeriet, was logischer Weise in einem anderen hätte behandelt werden müssen. Das Sachregister soll aber diesen Übelstand, der nicht zu vermeiden war, verbessern und durch seine zahlreichen Stichworte die schnelle Auffindung jeder besprochenen Einzelheit ermöglichen. Neben ihm wird das Namen- und Patentregister gute Dienste leisten.

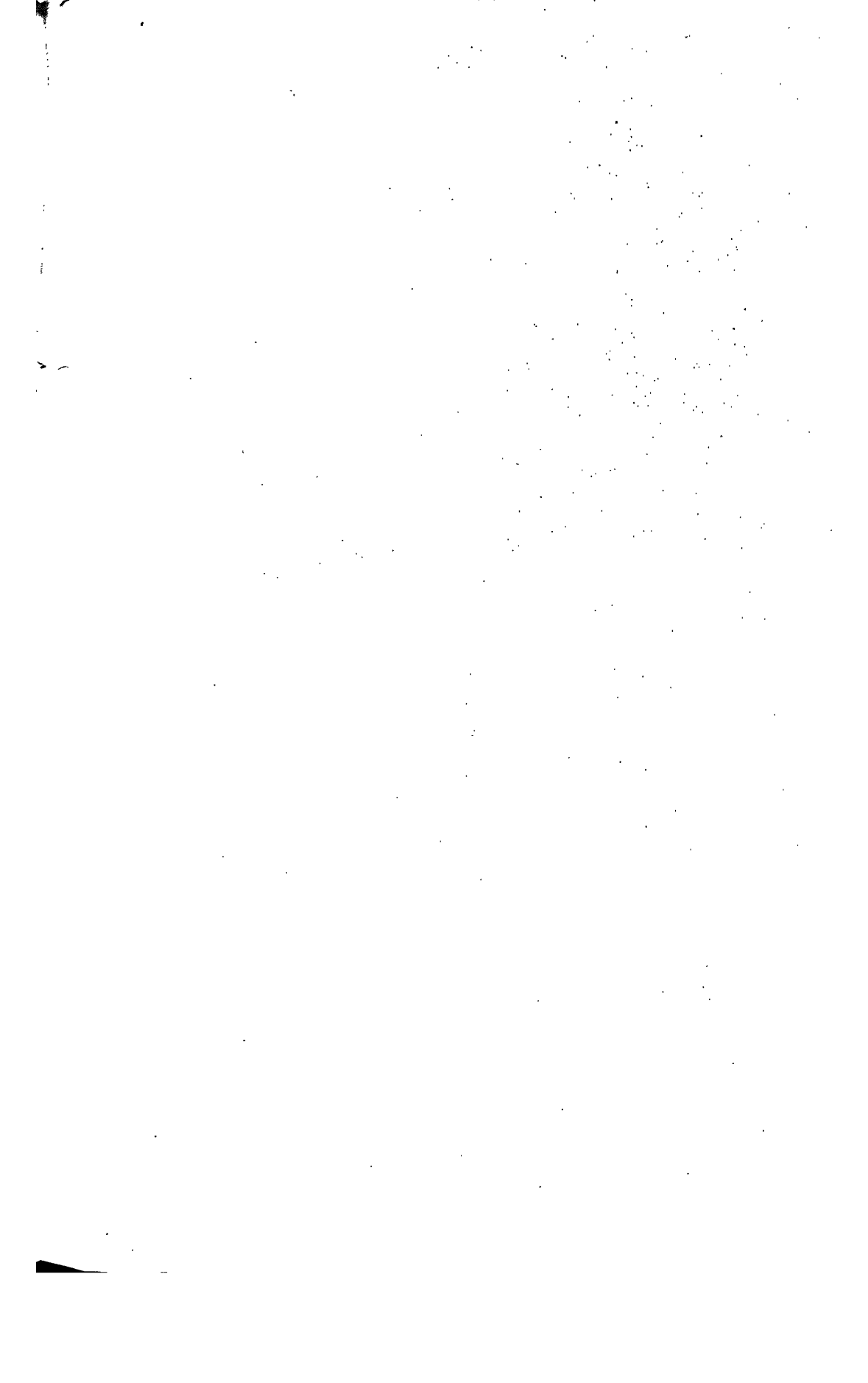
Die Literatur ist bis Mitte 1907 berücksichtigt worden. Für jeden Ergänzungsvorschlag werde ich den Fachgenossen dankbar sein.

Gr.-Lichterfelde, im Juni 1907.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Einleitung.	
I. Geschichte der Thermoelektrizität.	1
II. Thermoströme.	3
B. Herstellung der Thermoelemente.	
I. Chemische Beschaffenheit der Thermoelemente.	14
a) Thermoelemente aus einem Metall.	15
b) Thermoelemente aus zwei Metallen oder Legierungen . . .	16
1. Elektroden aus Aluminium.	16
2. " " Antimon-Legierungen	17
3. " " Cer- und Zirkonmetallen	19
4. " " Metallen der Chromgruppe	19
5. " " Eisen	22
6. " " Kupfer.	25
7. " " Nickel und Nickellegierungen	26
8. " " Platin	43
9. " " Silicium	43
10. " " Tellur	43
11. " " Wismuth.	43
12. " " Zink.	44
c) Thermoelemente aus anderen Stoffen	44
1. Elektroden aus Schwefelkupfer	45
2. " " Schwefelblei	54
3. " " anderen Verbindungen	57
4. " " Kohle	60
II. Mechanische Gestaltung der Thermoelemente	60
C. Vereinigung der Thermoelemente zu Säulen.	
I. Aufbau	81
II. Heizung und Kühlung.	97
D. Anwendung der Thermoelemente und Thermosäulen.	
I. Messung hoher Temperaturen	126
II. Verschiedene Arten der Anwendung	147
E. Anhang.	
I. Thermoelemente mit Elektrolyten und Thermoakkumu- latoren.	155
II. Nachträge	157
Sachregister.	163
Namenregister.	177
Patentregister.	181
Berichtigungen	184



A. Einleitung.

I. Geschichte der Thermoelektrizität.

Wenn auch Ritter (1801) und Schweigger (1810) schon elektrische Ströme beobachteten, die durch Temperaturunterschiede entstehen; so ist als wissenschaftlicher Begründer der Thermoelektrizität doch der Physiker Seebeck¹⁾ zu betrachten, der die erste Mitteilung über seine Versuche am 16. August 1821 vor der Berliner Akademie der Wissenschaften machte. Er zeigte, daß, wenn man eine Kupferplatte mit einem Wismuthstabe zu einer Art Bogen zusammenlötete, eine in diesem aufgestellte Magnetnadel beim Erwärmen der Lötstelle abgelenkt wurde. Viel stärker wurde der Thermostrom, wenn der Bügel aus Kupfer durch einen aus Wismuth ersetzt wurde. Unabhängig von Seebeck fand Yelin²⁾ in München am 1. März 1823, daß man auch in einem homogenen Metalle thermoelektrische (oder, wie man sie auch nannte, „thermomagnetische“) Ströme erzeugen könne. In demselben Jahre veröffentlichte der Holländer A. van Beeck³⁾ seine Untersuchungen, die kaum etwas neues brachten. Dasselbe gilt⁴⁾ von den Veröffentlichungen von Moll und Zuylen Nyvelt. Ohne Kenntnis von Seebeck's Arbeiten führte Cumming⁵⁾ in Cambridge ähnliche Untersuchungen aus, erzeugte durch Thermostrome Rotationsbewegungen um die Pole von Magneten und stellte, wie andere, eine thermoelektrische Reihe auf. Die Festlegung ihres Gesetzes verdankt man Becquerel⁶⁾. Mit dem thermoelektrischen Verhalten von Metallen, die in verschiedene

1) Abh. Akad. Wissensch. 1822/23, S. 265; Gilb. Ann. 1823, 73, 115 u. 430; Pogg. Ann. 6, 1, 133 u. 253.

2) Gilb. Ann. 1823, 73, 361 u. 415.

3) Gilb. Ann. 1823, 73, 435.

4) Siehe Encyclopaedia Metropolitana 4, 20.

5) Trans. Cambridge Phil. Soc. 1823; Annals of Phil., Sept. 1823; Schweigg. J. 40, 302, 317.

6) Pogg. Ann. 9, 345; Schweigg. J. 39, 448; Becquerel, Traité de l'Electr. et du Magn. Paris 1834 u. 1835, Bd. 2 u. 3.

Peters, Thermoelemente.

Gestalten gegossen worden waren, beschäftigte sich Sturgeon¹⁾. Die Stellung der Legierungen in der thermoelektrischen Reihe hatte schon Seebeck²⁾ beschäftigt. Rollmann³⁾, Hankel⁴⁾, Matthiessen⁵⁾, Becquerel⁶⁾ Knott⁷⁾, Monckman⁸⁾ u. a. folgten. Auf das stark negative Verhalten der Sulfide wies zuerst Cumming hin. Weiter befaßten sich Becquerel⁹⁾, Hankel, Bunsen¹⁰⁾ und Stefan¹¹⁾ damit. Neben Sulfiden untersuchten Arsenide und andere Mineralien auf ihr thermoelektrisches Verhalten Flight¹²⁾ sowie Schrauf und Dana¹³⁾. Mit dem Pyrolusit hatte sich schon Bunsen¹⁰⁾ beschäftigt.

Wenn auch bereits Seebeck mehrere Thermoelemente hintereinander geschaltet hatte, so konstruierten eine praktisch brauchbare Säule doch zuerst Oersted und Fourier¹⁴⁾, sowie de la Borne¹⁵⁾. Nobili¹⁶⁾ gab ihr eine handlicherere Gestalt. Bolto¹⁷⁾ verwandte in Turin 1832 mächtige Thermosäulen aus Platin und Eisen für elektrolytische Zwecke. Das sonst vielfach benutzte Antimon und Wismuth suchten Rollmann¹⁸⁾ und E. Becquerel⁶⁾ mit Erfolg durch Legierungen zu verdrängen.

Den Thermoströmen in Krystallen hat zuerst Friedel¹⁹⁾ nähere Aufmerksamkeit geschenkt. Mit denen zwischen Metallen und Flüssigkeiten beschäftigte sich zuerst Nobili²⁰⁾. Andrews²¹⁾ kon-

1) Phil. Mag. Juli 1831.

2) Pogg. Ann. 1826, **6**, 148.

3) Pogg. Ann. 1851, **83**, 77 u. **84**, 275; 1853, **89**, 90.

4) Pogg. Ann. 1844, **62**, 197.

5) Pogg. Ann. 1858, **103**, 412.

6) Ann. Chim. Phys. 1866, [4], **8**, 408.

7) Proc. R. Soc. Edinb. 1887, **33**, 171; Wied. Beibl. **12**, 114.

8) Proc. R. Soc. London 1888, **44**, 220; Wied. Beibl. **12**, 806.

9) Ann. Chim. Phys. 1827, [2], **34**, 157; 1866, [4], **8**, 419.

10) Pogg. Ann. 1864, **123**, 505.

11) Wien. Ber. 1865, Nr. 9; Pogg. Ann. 1865, **124**, 633.

12) Phil. Mag. 1865, [4], **30**, 337.

13) Abh. Wien. Akad. 1874, [2], **69**, 142; Am. J. Science Sill. [3], **8**, 255.

14) Ann. Chim. Phys. 1823, **22**, 375; Schweigg. J. **41**, 48.

15) Ann. Chim. Phys. 1823, **22**, 432.

16) Schweigg. J. **53**, 264; Pogg. Ann. **20**, 245 u. **27**, 416.

17) Pogg. Ann. **28**, 238.

18) Dingl. Pol. J. 1856, **139**, 422.

19) Archives, N. S. 1861 [2], **10**, 183.

20) Schweigg. Journ. 1828, **53**, 271 u. 273.

21) Phil. Mag. 1837, **10**, 433; Pogg. Ann. **41**, 164; vgl. a. Böttger, Pogg. Ann. 1840, **50**, 58.

struierte 1837 ein Thermoelement aus Platindrähten und geschmolzenen Salzen. Der Elektrolyt kann nach Chaperon¹⁾ auch fest sein. Ähnlich liefert die Erwärmung der Berührungsstelle zweier Elektrolyte, wie zuerst Nobili gezeigt hat, Ströme. Alle diese sind aber so außerordentlich schwach, daß sie in Thermoelementen praktisch nicht verwertet werden können.

II. Thermoströme.²⁾

Ein Thermoström kommt zustande, wenn ein Kreis aus zwei Metallen³⁾ hergestellt wird und die beiden Berührungsstellen (Lötstellen) auf verschiedene Temperaturen gebracht werden. Bei kleinem Temperaturunterschiede ist die EMK diesem ungefähr proportional, bei größerem wächst sie langsamer, da in den einzelnen Metallen selbst beim Durchgang des Stromes Temperaturänderungen eintreten (Thomson-Effekt, während mit Peltier-Effekt die Erwärmung der Lötstellen durch den Strom bezeichnet wird). Im allgemeinen läßt sich, wie Avenarius zuerst gezeigt hat, die EMK als Funktion der Temperatur mit großer Annäherung durch die Gleichung einer Parabel darstellen⁴⁾. Konstruiert man die entsprechende Kurve, so fällt ihre Achse mit der Ordinate zusammen, auf der die Temperatur des neutralen Punktes liegt, bei der die EMK verschwindet. Trägt man als Abscissen die Temperaturen, als Ordinaten die durch die Einheit der Temperaturerhöhung erzeugten EMK auf, so erhält man das Tait'sche Diagramm. Auch Arthur Palmer⁵⁾ hat selten einen geradlinigen Verlauf der Kurve, meist eine Krümmung nach

¹⁾ Compt. rend. 1886, **102**, 860.

²⁾ Nach Gustav Wiedemann, Die Lehre von der Elektrizität, 2. Aufl., Zweiter Band, Braunschweig 1894, S. 230 ff., und F. Braun, Thermoelektrizität in A. Winkelmann's Handbuch der Physik, 2. Aufl., Leipzig 1905, Bd. 4, S. 730 ff. Vgl. a. H. Egg-Sieberg, Elektrot. Zeitschr. 1900, **21**, 619.

³⁾ Weshalb verschiedene Metalle ein so verschiedenes thermoelektrisches Verhalten haben, ist noch nicht aufgeklärt. Sehr plausibel erscheint die Erklärung von F. Braun (Wied. Ann. 1893, **50**, 111), daß nicht alle Moleküle eines Metalls thermoelektrisch wirksam sind, und daß das Zahlenverhältnis der tätigen Moleküle zu den untätigen bei verschiedenen Metallen verschieden ist. Es ändert sich mit der Temperatur. Die Tätigkeit jedes Moleküls ist von der Natur des Metalls und der Natur der Umgebung unabhängig. Vgl. a. C. Liebenow, Verh. deutsch. phys. Ges. **1**, 74 u. 82; Elektrotechn. Zeitschr. **20**, 246; Wied. Ann. **68**, 316.

⁴⁾ Vgl. L. Holborn u. A. Day, Sitzungsber. k. pr. Akad. Wissensch. 1899, II, 691; Am. J. Science [Sill.] 1899, [4], **8**, 303. H. M. Tory, Brit. Assoc. Adv. Science Toronto 1897; The El. Rev. London 1897, **41**, 302; The El. Eng. 1897, **20**, 340.

⁵⁾ Ztschr. Elektrot. **2**. 7. 1905; Centralbl. Accum. 1905, **6**, 187.

oben oder unten, bei einer Silber-Kupfer-Legierung wellenförmige Gestalt gefunden. Gewöhnlich bezeichnet man das Metall einer Kombination als thermoelektrisch positiv, zu dem hin der Strom durch die erwärmte Berührungsstelle fließt. Man hat die Metalle und Verbindungen in Reihen geordnet, derart, daß in ihnen jedes Metall bei Berührung mit einem folgenden beim Erwärmen negativ wird. Auf die Stellung in der Reihe wirken aber sehr stark ein: die Größe des Temperaturunterschieds der Lötstellen, die Reinheit des Metalls und seine Struktur. Bei großen Temperaturunterschieden kann sich die Stromesrichtung geradezu umkehren. Eine bedeutende Richtungsänderung der thermoelektrischen Kurve fand W. Beckett Burnie¹⁾ bei geringer Temperaturerhöhung in der Nähe des Schmelzpunktes. Geringe Mengen von Verunreinigungen verschieben die Stellung in der Reihe meist weit. Dies gilt im Besonderen auch von dem Kohlenstoffgehalt im Eisen; sogar harter und weicher Stahl verhalten sich verschieden. Die EMK zwischen Eisen und Stahl wurde z. B. 7 mal größer als zwischen Zink und Kupfer gefunden. Zinngehalt im Wismut vermindert dessen thermoelektrische Kraft gegen Kupfer bei längerem Erhitzen um 47%. So gut wie alle Maßnahmen, welche die Struktur der Metalle verändern, haben auch Einfluß auf ihre thermoelektrische Stellung. So steht schnell gekühltes Roheisen dem Wismut näher als langsam erkaltetes. Anlassen kann die EMK ziemlich bedeutend erhöhen, wie allgemein die Beschaffenheit der Oberflächenschichten zu berücksichtigen ist. Die Änderung der Dichte durch Umschmelzen ändert bei manchen Legierungen ihre Stellung in der Reihe. Thermoelektrische Unterschiede entstehen auch, wenn man Metallstücke teilweise walzt, oder wenn man aus Kristallen Würfel schneidet und sie so zusammenlegt, daß die Spaltungsrichtungen gegen die Berührungsfläche verschieden geneigt sind. Durch ungleiche Wärmeverteilung können Ströme in aufeinanderliegenden verschieden dicken Metallstücken und beim An- und Aufeinanderlegen von Drähten entstehen. Dasselbe ist der Fall, wenn man einen Draht spannt oder seitlich drückt. Die Thermostrome zwischen gewöhnlichen und ausgezogenen Drähten gehen nach M. Maclean²⁾ bei Kupfer-, Blei- und Nickelstahl durch die Verbindungsstelle vom nichtausgezogenen zum ausgezogenen Draht, bei Platin, Silber und Manganin umgekehrt. Die kleinste thermoelektrische Differenz (0,0089 Mikro-

¹⁾ Phil. Mag. 1897 [5] 43, 397.

²⁾ Proc. Roy. Soc. London 1899, 64, 322; Wied. Beibl. 1899, 23, 428.

V. für 1⁰) gab eine Kupfersorte, die größte (1,477) Platin. Auch zwei nicht ausgezogene Drähte von verschiedenen Kupfersorten lieferten 0,743—1,667 Mikro-V. für 1⁰. Drillung drückt bei Kupfer und Platin die thermoelektrische Differenz etwas herab, wenn sie 1—3 Umdrehungen auf 1 cm beträgt, bei mehr nicht. Wird vor dem Versuch durch einen elektrischen Strom zur Rotglut erhitzt und langsam abgekühlt, so erhält man bei Platin eine Abnahme der thermoelektrischen Differenz, bei Kupfer eine Umkehrung der Stromesrichtung.

Kombiniert man mehr als zwei Metalle, so ergibt sich die Wirkung des Kreises aus derjenigen der Einzelpaare. Alle Stellen, die konstante Temperatur haben, kann man sich aus dem Kreise herausgeschnitten denken. H. E. Schmitz¹⁾ hat aus Untersuchungen an Neusilber, Kupfer und Eisen, wenn die 3 Metalle mit A, B und C bezeichnet werden, die Formel hergeleitet

$$E = (B, C)_0^A + (C, A)_0^{12} + (A, B)_0^{13},$$

die aber nicht für alle Metalle bei allen Temperaturen gilt.

Aus den oben angeführten Gründen haben die folgenden

Thermoreihen

nur bedingten Wert:

Nach Seebeck²⁾: — Bi, Ni, Co, Pd, Pt, Ur, Cu, Mn, Ti (N-haltig), Messing I, Au (90 %), Cu (käufl.), Messing II, Pt I, Hg, Pb, Sn, Pt II, Cr, Mo, Cu, Rh, Jr, Au (rein), Ag, Zn, Cu (Zement-), Wo, Pt III (verarb.), Cd, Stahl, Fe, As, Sb, Te⁴⁾ +.

Nach Hankel³⁾: — Na⁴⁾, K, Bi, Neusilber, Ni, Co, Pd, Hg, Pt, Au, Messing, Cu, Sn, Al, Pb, Cu (Draht), Zn, Ag, Cd, Fe, Sb +.

Nach W. Thomson⁵⁾ (zwischen +10⁰ und 32⁰); — Bi, Pt I, Al, Sn, Pb, Pt II, Cu, Pt III, Zn u. s. f. +.

Nach Bachmetjew⁶⁾: — Ni, Hg, Mg, Tl, Pb, Sn. Es folgen auf Mg Al, auf B Rh, auf Na Mg, auf Jn Cd, auf As Se.

Die **Legierungen** stehen in der Reihe entweder zwischen, häufig aber auch außerhalb der Einzelmetalle. Das erstere ist der

¹⁾ Phys. Ztschr. 1905, 6, 443; Abb.

²⁾ Abh. Akad. Wissensch. Berlin 1822/23, 265.

³⁾ Pogg. Ann. 1844, 62, 197.

⁴⁾ Nach Albrecht Heil (Ztsch. Elektroch. 1903, 9, 91) ist Na vor Ni an das Bi anzureihen. Tellur entwickelt die doppelte Spannung des Antimons.

⁵⁾ Pogg. Ann. 1856, 99, 334.

⁶⁾ Exner's Rep. 1891, 27, 442; Wied. Beibl. 16, 79.

Fall bei den Wismuth-Zink- und Zink-Zinn-Legierungen, bei den Zink- und Wismuth-Amalgamen, nach Albrecht Heil¹⁾ auch beim Messing, das in die Nähe von Kupfer, aber weit ab vom Zink einzureihen ist.

Bei Legierungen (wie Ni-Cu, Sb-Zn, Sb-Cd), die eine viel höhere EMK als ihre Bestandteile haben, ist nach C. B. Thwing²⁾ auch der Ausdehnungskoeffizient anormal³⁾ niedrig im Vergleiche mit den aus den Bestandteilen berechneten Werten (z. B. bei einer Sb-Cd-Legierung nur $\frac{1}{9}$). Seebeck³⁾ gibt folgende Art der Einordnung an: Bi, 3 Bi 1 Sb, 3 Bi 1 Zn, 3 Bi 1 Cu, 1 Bi 1 Cu, 1 Bi 3 Cu, 1 Bi 1 Pb, Ag, 1 Bi 1 Sn, Zn, 3 Bi 1 Pb, 1 Bi 1 Sb, 3 Sb 1 Cu (Pb oder Sn), 1 Sb 3 Cu (Pb oder Sn), Ni, Sn, 1 Bi 3 Zn (oder Pb), Pt, 1 Bi 3 Sn, Cu, Stahl, Stabeisen, 3 Bi 1 Sn, 1 Bi 3 Sb, 1 Sb 3 Zn, Sb, 1—3 Sb, 1 Zn. Die Zinn-Wismuthlegierungen werden nach Rollmann⁴⁾ zunächst mit steigendem Wismuthgehalt bis zu $14^{11/12}$ Bi auf 1 Sn (Bi_4Sn) immer mehr elektropositiv, bei noch weiterer Steigung wieder mehr elektronegativ. So stehen zwischen Zinn und Kupfer 1 Bi ∞ Sn bis 1 Bi 4 Sn, zwischen Zink und Eisen 1 Bi 2 Sn bis 1 Bi 1 Sn, zwischen Eisen und Antimon 2 Bi 1 Sn bis 4 Bi 1 Sn, unter Antimon 8 Bi 1 Sn bis 12 Bi 1 Sn, dagegen wieder näher an Antimon 16 Bi 1 Sn bis 32 Bi 1 Sn, zwischen Antimon und Eisen 64 Bi 1 Sn, zwischen Platin und Neusilber 128 Bi 1 Sn. Ähnliche Wendepunkte (∇) zeigen die Wismuthbleilegierungen: — Bi, Neusilber, Sn, 1 Bi 64 Pb bis 1 Bi 4 Pb, \curvearrowright 1 Bi 3 Pb bis 1 Bi 2 Pb, ∇ 2 Bi 3 Pb, Cu, Zn, 1 Bi 1 Pb bis 3 Bi 2 Pb, \curvearrowright 2 Bi 1 Pb bis 4 Bi 1 Pb, Zn, Cu, 8 Bi 1 Pb, Sn, Pt, 16 Bi 1 Pb, Neusilber. Ferner die Antimonbleilegierungen: — Sn, 1 Sb 16 Pb, Cu, 1 Sb 8 Pb, Ag, Zn, 1 Sb 4 Pb bis 1 Sb 1 Pb, \curvearrowright 2 Sb 1 Pb bis 3 Sb 1 Pb, ∇ 4 Sb 1 Pb bis 16 Sb 1 Pb, Fe, 32 Sb 1 Pb. Die Zinnbleilegierungen stehen meist zwischen Cu und Sn. Die Antimonzinnlegierungen haben folgende Stellung: + Sb, Fe, 8 Sb 1 Sn bis 1 Sb 2 Sn, Zn, Ag, 1 Sb 4 Sn, Cu, 1 Sb 8 Sn bis 1 Sb 32 Sn, Sn. Die Antimonwismuthlegierungen: + Sb, 16 Sb 1 Bi bis 4 Sb 1 Bi, Fe, 2 Sb 1 Bi, Zn, . . . Neusilber, 1 Sb 1 Bi bis 1 Sb 4 Bi, Bi, 1 Sb 8 Bi bis 1 Sb 32 Bi, \curvearrowright 1 Sb 64 Bi, Bi. Am stärksten elektronegativ soll nach

1) Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 92.

2) Phys. Rev.; Centralbl. Accum. 1904, 5, 269.

3) Pogg. Ann. 1826, 6, 148.

4) Pogg. Ann. 1851, 83, 77 und 84, 275; 1853, 89, 90.

E. Becquerel¹⁾ die Legierung 1 Sb 10 Bi (= 1 Aeq. Sb auf 9 Aeq. Bi) sein. Die Antimonzinklegierungen stehen jenseits des Antimons, wenn der Antimon- den Zinkgehalt überwiegt. Ähnliches gilt von den Antimoncadmiumlegierungen. Daher wird die thermoelektrische Kraft des Sb gegen Cu durch ein gleiches Aeq. Zn bis auf das 6,4 fache, durch Zusatz von Cd und Bi bis auf das 9 bis 10 fache gesteigert²⁾. Weniger ändert sich die thermoelektrische Kraft des Bi durch Zusätze, z. B. durch $\frac{1}{10}$ Sb nur bis auf das 1,6 fache. Die thermoelektrischen Eigenschaften von Platinoid und Manganin hat B. O. Peirce³⁾ untersucht.

Die Amalgame der einwertigen Metalle sind nach E. Englisch⁴⁾ negativ gegen Quecksilber. Innerhalb enger Grenzen ist bei verdünnten Amalgamen die EMK proportional der zugesetzten Metallmenge.

Die Legierung mit Wasserstoff verändert das thermoelektrische Verhalten der Metalle. So geht nach G. Bruchietti⁵⁾ an der heißen Lötstelle ein Strom von Pd_H zu Pd und beträgt die EMK des Elements Bi - Ni das 1,66 fache der von Pd-Ni.

Stark elektronegativ sind einige **Sulfide, Arsenide und Oxide**. Hankel gibt folgende Reihe an: — Kupferkies, Weißgülden, Arsenkies, Bleiglanz, Eisenglanz, Pyrolusit, Magneteisen, K, Na, Bi Schmilzt man das spröde Schwefelwismuth mit Wismuth zusammen, so ist das Produkt stärker negativ als Wismuth. Stefan⁶⁾ fand pulvrigen Bleiglanz negativ, krystallisierten positiv. Andererseits ist Halbschwefelkupfer nach E. Becquerel⁷⁾ stärker positiv als Tellur, wenn es ohne unnötige Temperaturerhöhung geschmolzen und dann so gegossen wird, daß es beim Erkalten faserige Struktur annimmt. Durch wiederholtes Schmelzen wird das Halbschwefelkupfer, wie auch der Kupferkies, sehr wenig wirksam. Läßt man aber diese Massen bei Dunkelrotglut einige Stunden hindurch an, so werden sie dauernd stark elektropositiv. Wenig wirksam sind die Sulfide des Silbers, Zinks, Antimons und das höhere des Eisens.

¹⁾ Ann. Chim. Phys. 1866, [4], 8, 408; Arch. N. S. 1866, 26, 239.

²⁾ Letzteres bestreitet Albrecht Heil (Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 92). Auch die meisten andern Fremdmatalle sollen die EMK der Antimon-Zink-Legierung nicht erhöhen. Die Aufbesserung der Leitfähigkeit kommt dagegen nicht in Betracht.

³⁾ Ann. J. Science (Sill.) 1894, 302; L'Ecl. él. 1895, 3, 236; Electrician 1895, 34, 680.

⁴⁾ Wied. Ann. 1893, 50, 88.

⁵⁾ L'Elettricista; Nov. 1893; Electrician 1893, 32, 91.

⁶⁾ Sitzungsber. k. Ak. Wissensch. Wien 1865, 51, 260.

⁷⁾ Ann. Chim. Phys. 1866 [4] 8, 419; Compt. rend. 1865, 61, 146.

Eine ganze Anzahl von **Mineralien** hat Walter Flight¹⁾ in folgende Reihe geordnet: — Roteisenerz, Kupferpyrit 1, Kupferpyrit 2 (Südaustralien), Bleiglanz, Eisenpyrit 1 (unregelmäßig gestaltet), Bleiselenid, Pyrolusit, Kupferpyrit 3 (sehr rein vom Rammelsberg), Psilomelan, Pechblende, Manganit, Braunit, Kupferpyrit 4 (mit 27% Eisenpyrit, Dillenburg), Wismuthtellurid (Schemnitz, Ungarn), Eisenpyrit 2 (kleiner Würfel), geschmolzener Kupferpyrit 4, Peacock Kupfererz, Arseneisen, Zinnstein, Magneteisenerz, geschmolzener Kupferpyrit 1, geschmolzener Kupferpyrit 3, Wismuth (künstlich dargestellt), geschmolzener Kupferpyrit 2, Kobaltspeise, Meteoreisen (Atacama), Kupfernickel 1, Nickelantimonglanz (Müsen bei Siegen), geschmolzenes Kupfernickel 1, Kupfernickel 1, Silber (chemisch rein, künstlich dargestellt), geschmolzener Bleiglanz, Spiegeleisen, Meteor-eisen (Aachen), Antimonkupferlegierung, Graphit 1 (sehr kompakt, für Lichtkohlen benutzt), geschmolzener magnetischer Pyrit, Kobaltpyrit (Müsen bei Siegen), natürliches Arsenik, Nickelglanz (Ems, Nassau), Antimon, magnetischer Pyrit, geschmolzener Kupferglanz 1, Schwefeleisen (zur Bereitung von Schwefelwasserstoff), geschmolzener Eisenpyrit 1, Kupferglanz 1, Legierung aus 2 T. Antimon und 1 T. Zink, Graphit 2 (natürlicher), Kupfersulfür 1, Kupferglanz 2 (Cornwall), Kupfersulfür 2, Kobaltglanz, Tellur 1 (chemisch rein), Tellur 2 (von Liebig), Arsenpyrit, Fahln-Erz 1, Fahln-Erz 2, Kupferglanz 3 (Bristol County, Amerika), Fahln-Erz 2 (größeres Stück), geschmolzener Kupferglanz 3 +.

Hausmannit gab keinen Strom, ebensowenig Eisenglanz, Brauneisenstein, Chromeisenstein, Spatheisenstein und Lievrit. Zinkblende leitete die Elektrizität nicht. Erze, die Sulfide des Antimons und Silbers enthalten, wurden wegen ihrer leichten Schmelzbarkeit ausgeschlossen.

Welche Mineralien in Berührung mit Kupfer positiv und welche negativ werden, haben A. Schrauf und Edward S. Dana²⁾ untersucht. Sie fanden: Wismuthverbindungen: Wismuthinit $\text{Bi}_2 \text{S}_3$ —, Tetradymit $\text{Bi}_2 (\text{Te S})_3$ —, Tetradymit $\text{Bi}_2 (\text{Te S})_3$ +, Wehrilit $\text{Bi}_2 (\text{Te S})_4$ +. Nickelverbindungen: Millerit Ni S —, Gersdorffit Ni (As S)_2 —, Ullmannit Ni (Sb, As S)_2 —, Niccolit $\text{Ni}_2 \text{As}_2$ —, Rammelsbergit Ni As_2 —, Grünait $(\text{Ni Bi Fe Cu}) \text{S}$ —, Pyrit Fe S_2 + 4% Ni —. Kobaltverbindungen: Linnaeit $\text{Co}_3 \text{S}_4$ —,

¹⁾ Phil. Mag. 1865 [4] 30, 337.

²⁾ Abh. Wien. Ak. Wissensch. 1874 [2] 69, 142; Am. J. Science [Sill.] 1874, [3], 8, 255.

Smaltit $(\text{Co Fe Ni}) \text{As}_2$ —, Cobaltit $\text{Co} (\text{S As})_2$ + —, Glauco-
dit $(\text{Co Fe}) (\text{S As})_2$ + —, Alloclasit $(\text{Co Bi}_2)_3 (\text{S As}_3)_4$ —, Skutterudit
 Co As_3 + (Skutterud), — (Modum). Bleiverbindungen: Blei-
glanz Pb S — (gewöhnliche Arten), + (Monte Ponì), Clausthalit
 Pb Se —, Naumannit $(\text{Pb Ag}) \text{Se}$ —, Lehrbachit $(\text{Pb Hg}) \text{Se}$ —,
Zorgit $(\text{Cu Pb}) \text{Se}$ + —. Edelmetallverbindungen: Sylvanit
 $(\text{Ag, Au}) \text{Te}_2$ —. Kupferverbindungen: Chalcopyrit $\text{Cu}_2 \text{Fe S}_4$ —,
Bornit $\text{Cu}_6 \text{Fe}_2 \text{S}_8$ +, Tetrahedrit $\text{Cu}_4 \text{Sb}_2 \text{S}_7 \text{O} \dots$ +, Chalcocit
 $\text{Cu}_2 \text{S}$ +, Berzelianit $\text{Cu}_2 \text{Se}$ +, Zorgit $(\text{Pb Cu}) \text{Se}$ + —. Eisen-
verbindungen: Marcasit Fe S_2 +, Pyrit Fe S_2 +, gewöhnlich —,
nickelhaltiger (4⁰/o) Pyrit —, Pyrrhotit $\text{Fe}_7 \text{S}_8$ +, Haematit
 $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ —, Magnetit $\text{Fe}_3 \text{O}_4$ —, Leucopyrit Fe As_2 —, Löllingit
 $\text{Fe}_2 \text{As}_3$ —, Misspickel $\text{Fe} (\text{S As})_2$ + (England), — (Freiberg), Miss-
pickel-Weißerz $(\text{Fe Ag}) (\text{S As})_2$ —, Danait $(\text{Co Fe}) (\text{S As})_2$ + —.

Keinen Strom gaben mit Kupfer: Argentit, Acanthit, Sphalerit,
Alabandit, Hauerit, Rutil, Brookit, Antimonit, Boulangerit, Kobellit,
Sartorit.

Während Arsen, Antimon und Tellur gegen Kupfer positiv
sind, sind sie in Verbindungen im allgemeinen negativ. In den
Verbindungen der negativen Metalle Bi, Co, Ni, Pb hebt der Metall-
charakter den des Schwefels auf. Zusatz von Antimon schwächt
die negative Natur, der von Tellur verstärkt sie. Die Arsenide des
Eisens sind negativ, die Mehrzahl der Sulfide positiv.

Die

thermoelektromotorischen Kräfte¹⁾ der Metalle

sind vielfach bestimmt worden. Die älteren Untersuchungen²⁾ haben
nicht immer zuverlässige Ergebnisse geliefert. Mehr gilt dies von
den neueren Versuchen K. Nolls³⁾. Er hat die EMK zwischen
0 und 100⁰ gegen Quecksilber gemessen. Sie betragen in Mikro-
volt:

Wismuth	—6705,4,
Nickel	—1664,2; 1654,3,
Nickelband (Schwerte)	—1601,3,
Nickeldraht (Schwerte „rein“).	—1410,85; 1385,9,

¹⁾ Formeln für die Thermo-EMK gibt C. Barus, Am. J. Science [Sill.]
1894 [3] 47, 366. In einem Diagramm hat die EMK verschiedener Metalle und
Legierungen Ch. Ed. Guillaume (Lum. él. 1888, 28, 13) veranschaulicht.
Georges Rosset (Centralbl. Accum. 1905, 6, 24 und 37) gibt eine Tabelle und An-
leitung zur Berechnung der Thermo-EMK von Elementen aus verschiedenen Metallen.

²⁾ Vgl. die Literatur in Wiedemann's Elektrizität.

³⁾ Wied. Ann. 1894, 58, 874.

Kobalt	— 1522,2,
Neusilber	— 1085,2; 1064,6,
Platin (rein, Heraeus)	+ 4,59; — 5,97,
Platin (unbekannter Herkunft) ..	+ 81,02; + 77,07,
Aluminium	+ 362,4,
Zinn (Merck), neu	+ 386,85,
Magnesium	+ 391,84
Zinn (Merck), alt	+ 396,03,
Blei (Akkumulatorenf. Hagen) ..	+ 401,31,
„ (Merck, rein)	+ 402,5,
Messing	+ 443,31; 435,45,
Kupfer (alt, unrein)	+ 551,4; 541,03,
Platin (unbekannter Herkunft) ..	+ 591,94; 593,88,
Kohlenstab	+ 662,88,
Kupfer (unrein)	+ 691,5; 684,29,
Silber	+ 710,25; 671,51,
Gold	+ 713,35,
Kupfer (Heddernheim) „rein“ ..	+ 710,15,
„ „	+ 722,4,
„ „	+ 723,3,
„ „ eisenfrei	+ 725,58; 725,64,
Zink	+ 692,71; 735,21,
Cadmium	+ 875,09 (859,74)
Kohlenfaden	+ 1452,
Eisen	+ 1061,4; 1583,1,
Klavierdraht	+ 1732,3; 1729,4,
Antimon	+ 3379,6.

Von 2 Zahlen bezieht sich die erste auf den hart gezogenen, die zweite auf den ausgeglühten Draht.

Zwischen Gold und Zink nimmt nach Lord Kelvin¹⁾ das Potential von 16° bis 50° um 0,002 V. oder für 1° um $0,2 \times 10^{-6}$ C. G. S. zu, während der thermoelektrische Unterschied zwischen Zink und Gold nur 250 C. G. S. beträgt. J. Dewar und J. A. Fleming²⁾ haben die Thermo-EMK vieler Metalle und Legierungen gegen reines Blei zwischen -200° und $+100^{\circ}$ bestimmt.

¹⁾ Proc. Roy. Soc. Edinb. 1898, 22, 118; Wied. Beibl. 1899, 23, 428.
²⁾ Phil. Mag. 1895 [5] 40, 95.

Messungen von Albrecht Heil¹⁾ lieferten folgende Ergebnisse:

a) Temperaturunterschied 230 ⁰ C.		b) Dunkelrotglut oder Schmelzhitze.	
Cu 60 Ni 40 gegen		V.	
Wismuth	—0,005	Wismuth bei 270 ⁰ C . . .	+0,002
Natrium	—0,004	„ „ 180 ⁰ C . . .	—0,0023
Kobalt	+0,002	Natrium, reine Fläche . . .	+0,004
Nickel	+0,0035	„ , oxydierte „ . . .	—0,0035
Tellur-Wismuth	+0,005	Blei bei 330 ⁰ C	+0,0090
Blei	+0,0070	Zinn bei 228 ⁰ C	+0,0093
Zinn	+0,0077	Thallium bei 290 ⁰ C . . .	+0,0100
Thallium	+0,0080	Kadmium bei 310 ⁰ C . . .	+0,013
Magnesium	+0,0085	Zink bei 430 ⁰ C	+0,016
Zink	+0,0090	Kobalt, dunkelrotglühend . .	+0,018
Sb2 Tl1	+0,0092	Tellur-Wismuth bei 200 ⁰ C .	+0,019
Aluminium	+0,0095	Nickel, dunkelrotglühend . .	+0,021
Magnesium	+0,0097	Aluminium	+0,024
Graphitkohle	+0,0098	Sb2 Tl1 etwa 300 ⁰ C . . .	+0,024
Platin	+0,0098	Magnesium etwa 500 ⁰ C . .	+0,028
Silber	+0,0110	Magnesium etwa 500 ⁰ C . .	+0,034
Messing	+0,0112	Graphitkohle „ „ „ . . .	+0,036
Gold	+0,0113	Platin etwa 500 ⁰ C . . .	+0,037
Kupfer	+0,0114	Messing „ „ „	+0,039
Kadmium	+0,0117	Silber „ „ „	+0,0395
Eisen	+0,0128	Gold „ „ „	+0,0396
Sb3 Ni1	+0,0140	Eisen „ „ „	+0,0397
Cer	+0,0168	Cer „ „ „ (470)	+0,0398
Zirkon	+0,0169	Kupfer „ „ „	+0,040
Antimon	+0,0170	Zirkon „ „ „	+0,042
Sb122 Zn65	+0,045	Antimon „ „ „	+0,052
Tellur	+0,049	Tellur „ „ „	+0,113
		Sb122 Zn65 etwa 500 ⁰ C . .	+0,130

Von Wismuth- und Antimon-Legierungen hat E. Becquerel²⁾ die thermoelektromotorischen Kräfte zwischen 0⁰ und 100⁰ bestimmt. Unter denselben Verhältnissen war die EMK eines Wismuth-Antimon-Elements 0,004826 Daniell. Im folgenden ist eine Auswahl der Versuchsergebnisse wiedergegeben:

Legierung	Daniell=1000
Sb 806, Cd 696; gleiche Äquivalente, sehr brüchig . . .	+21,41
Sb 4, Cd 2, Zn 1, sehr brüchig	+13,80
Sb 806, Cd 696, ¹ / ₁₀ der Mischung Bi, widerstandsfähig	+13,00

¹⁾ Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 92.

²⁾ Ann. Chim. Phys. 1866 [4] 8, 408; vgl. a. Rollmann, Pogg. Ann. 1851, 83, 77 und 84, 275; 1853, 89, 90. Siehe F. Braun in A. Winkelmann's Handb. der Phys., 2. Aufl., 1905, Bd. 4, S. 757.

Sb 4, Cd 2, Zn 1, Pb 1, ein wenig brüchig	+7,31
Sb 4, Cd 2, Zn 1, Sn 1, ziemlich widerstandsfähig	+4,52
Sb 12, Cd 10, Zn 3	+3,45
Sb 10, Te 1	+1,14
Sb 4, Fe 1, sehr hart und schmelzbar	+0,41
Sb 8, Pb 1	+0,11
Bi	-3,91
Bi 2, Sb 1	-2,95
Bi 10, Sb 1	-6,20
Bi 2, Sn 1	-0,74
Bi 12, As 1	-4,22
Bi 1, Bi ₂ Sb ₃ 1	-6,19

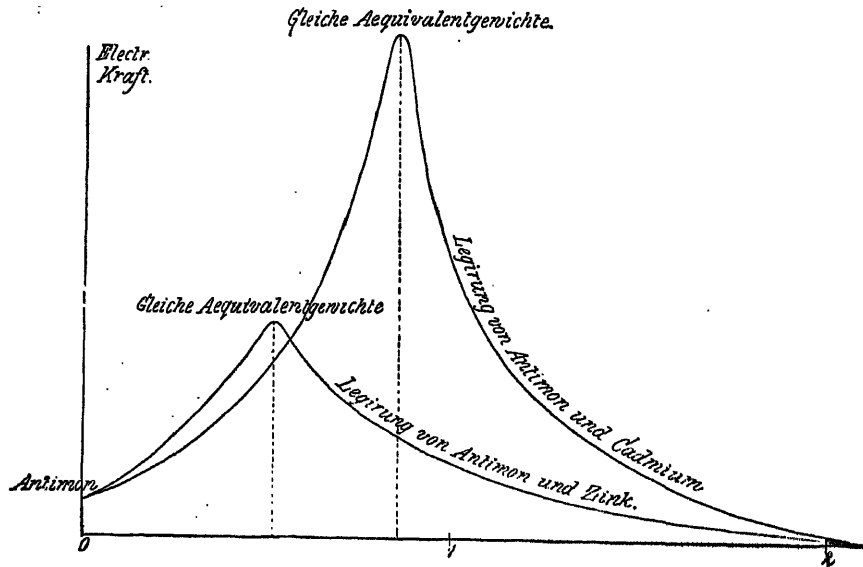


Fig. 1.

Die thermoelektrische Kraft von Legierungen soll einen Höchstwert erreichen, wenn beide Stoffe nach gleichen Äquivalentverhältnissen gemischt sind. Fig. 1¹⁾ erläutert dies; als Abszisse ist das Verhältnis der Metallgewichte aufgetragen. Die Untersuchungen Albrecht Heils²⁾ an Kadmium-Zink-Legierungen bestätigen dies. Dagegen fand N. N. Turin³⁾ die EMK von Zinn-Blei-Legierungen unabhängig von ihrer Zusammensetzung. Bei Blei-Wismuth-Legierungen

¹⁾ Aus Winkelmann's Handbuch 4, 757.

²⁾ Siehe später.

³⁾ Russ. phys.-chem. Ges.; The El. Rev. London 1904, 55, 994.

war sie konstant von 65 % Bleigehalt ab, bei Kupfer-Zink-Legierungen, wenn der Zinkgehalt 10—25 % betrug. Die Kupfer-Zink-Legierungen zeigten zwei Höchst- und zwei Niedrigstwerte.

Mit **Mineralien** zusammengesetzte Thermoelemente gaben Stefan¹⁾ im Vergleich zum Daniell-Element folgende EMK:

Blättriger Kupferkies — Kupfer....	0,0385,
Kompakter „ „	0,1111,
Pyrolusit—Kupfer	0,0769,
Kupfer — kristallisierter Kobaltkies	0,0385,
Körniger Kobaltkies—Kupfer	0,0128,
Kupfer—Schwefelkies	0,0637,
Kupfer—Buntkupfererz	0,0716,
Bleischweif—Kupfer	0,1111—0,1020,
Bleiglanz—Kupfer	0,1020.

Setzt man nach A. Abt²⁾ die EMK eines Elements Wismuth-Antimon, dessen Lötstellen 98° und 1° zeigen, gleich 200, so ergibt:

Pyrolusit—Wismuth .	210,6,
„ —Antimon ..	396,9,
Pyrrhotit—Antimon ..	21,7,
„ —Wismuth .	178,0,
Chalcopyrit—Wismuth	542,2,
„ —Antimon	669,3,
Pyrit—Pyrolusit	933,2,
„ —Chalcopyrit ...	1424.

1) Wien. Ber. 1865, Nr. 9; Pogg. Ann. 1865, **124**, 633.

2) Ann. Phys. 2, 266; Centralbl. Accum. 1900, **1**, 320.

B. Herstellung der Thermoelemente.

I. Chemische Beschaffenheit der Thermoelemente.

An ein gutes Thermoelement müssen folgende Anforderungen gestellt werden: Die zur Konstruktion der Elemente gebrauchten beiden Substanzen müssen in der thermoelektrischen Spannungsreihe möglichst weit von einander entfernt stehen, damit die ohnedes geringe EMK nicht zu unbedeutend wird. Ihr Schmelzpunkt muß ein möglichst hoher sein, weil man sonst ohne Eiskühlung keine genügend großen Temperaturdifferenzen erzielen kann. Die Materialien müssen billig und gut zu verarbeiten sein, dürfen auch durch die Hitze nur unwesentlich verändert werden. Der isolierende Zwischenkörper muß genügend fest und elastisch sein und einer hohen Temperatur widerstehen können.

Trotzdem die Thermosäulen im Betriebe viel reinlicher sind als die galvanischen Elemente, kaum einer Wartung bedürfen und meist keinen allzu großen inneren Widerstand haben, sind sie doch wegen ihrer verhältnismäßig geringen EMK vorläufig nur für ganz bestimmte Zwecke verwendbar. Beispielsweise ist ihre Einführung in die Telephonämter gescheitert¹⁾, da sie nicht genügend Energie lieferten und die Kosten für Anschaffung, Unterhaltung und Gas viel höher als die bei Benutzung von Sammlern waren. Im allgemeinen wird in der Thermosäule nicht mehr als 1 % der zugeführten Wärme in elektrische Energie verwandelt²⁾. Die Batterien sollen dreißigmal so viel Gas gebrauchen, wie ein Gasmotor zur Erzeugung derselben elektrischen Arbeit in einer Dynamomaschine nötig hat³⁾. Dagegen behauptet Albrecht Heil⁴⁾, daß es ihm in seiner Säule gelungen sei, 1 W.-Stde. mit 70,2 cal. zu erzeugen, oder zum mindesten, daß man⁵⁾ mit 1 kg Koks 40 W.-Std. erhalten könne. Und un-

1) Arch. Post. Tel. Juli 1901; Centralbl. Accum. 1902, 3, 103.

2) Elektrot. Ztschr. 1891, 12, 186.

3) Elettricità 1890, 583.

4) Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 95.

5) D. P. 163171 vom 13. 11. 1903.

zweifelhaft wird die Ökonomie besser, wenn man Abhitze verwendet, oder die in der Säule nicht ausgenutzte Wärme zum Heizen benutzt. C. Liebenow¹⁾ führt aus, daß, wenn es gelänge, ein Nichtmetall mit einem ihm elektromotorisch möglichst gleichen Metalle zu einer Thermokette so zu kombinieren, daß die EMK an der Lötstelle sich nicht, wie gewöhnlich, gegenseitig verkleinerten, sondern sich summierten, der Nutzeffekt der Wärmeumwandlung für einen Temperaturunterschied von 1000° bei kurzgeschlossenem Element sich zu etwa 77⁰/₁₀₀, bei Nutzstrom zu 28—29⁰/₁₀₀ berechnet. Aber selbst wenn dieser Wert bei praktischer Ausführung auch nur zur Hälfte erreicht würde, böte die Ausnutzung der Kohle durch Thermoelemente immerhin Vorteile genug, um die technische Lösung dieses Problems als verlockendes Ziel erscheinen zu lassen.

a) Thermoelemente aus einem Metall²⁾.

Reed³⁾ biegt einen etwa 3 mm dicken und 600 mm langen Draht zu einer Schlinge, deren Enden durch eine Holzklammer gehalten werden. Die Schlinge ist in der Mitte zerschnitten, die Schnittflächen sind glatt gefeilt, die beiden Enden sind aneinander gebogen, daß sie gut aufeinander passen und gegeneinander federn, und werden schließlich unter Luftzutritt erhitzt. Die oxydierten Flächen läßt man aufeinander drücken und erhitzt die eine Hälfte des Drahtes nahe an der durchschnittenen Stelle, indem man den andern Teil kühl hält. Es fließt sofort ein Strom in einer bestimmten Richtung. Erhitzt man dann die andere Seite und hält die entsprechende kühl, so kehrt sich auch die Stromrichtung um. In dieser „thermotropischen Kette“ soll die Kupferoxydschicht die Rolle des Elektrolyten spielen.

Aus abwechselnden Reihen von abgeschrecktem und nicht abgeschrecktem weichen Eisen baut Asahel K. Eaton⁴⁾ eine Thermosäule auf. Die Plattengruppen liegen nahe beieinander und sind durch ein unschmelzbares Isolationsmittel, z. B. durch Asbestpapier und Natriumsilikat, voneinander getrennt. Der Raum zwischen den Elektroden jeder Gruppe wird mit einer Mischung von Quarz und Natriumsilikat gefüllt.

¹⁾ Elektrot. Ztschr. 1900, **21**, 246; Centralbl. Accum. 1900, **1**, 206.

²⁾ Vgl. die Einleitung und B. Rosing; J. russ. phys.-chem. Ges. 1898, **30**, 151; Wied. Beibl. 1899, **23**, 566.

³⁾ Ztschr. Elektroch. 1896, **3**, 144, Abb.; vgl. a. El. World **28**, 159; El. Eng. **22**, 126.

⁴⁾ Am. P. 289631 vom 4. 12. 1883, Abb.

Die mechanische Spannung einzelner Abschnitte einer Drahtspule ändert Paget Higgs¹⁾ durch Zusammenpressen abwechselnder Teile. Die Spannungsunterschiede können auch durch die den Strom erzeugende Wärme hervorgerufen werden.

Thomas Alva Edison²⁾ erhitzt und kühlt abwechselnd Eisenröhren, die mit Kupferdraht umwunden sind und senkrecht zwischen den Polen kräftiger Magnete stehen. Der Strom, der beim Erhitzen umgekehrt wie beim Abkühlen läuft, wird durch einen Kommutator gleichgerichtet und teilweise zur Erregung der Magnete benutzt. Auch E. G. Acheson³⁾ verwendet Thermostrome, die beim Erhitzen eines und desselben Metalls entstehen.

Andrew C. Kloman⁴⁾ erhitzt und kühlt abwechselnd die Enden eines Stahlstabes oder einer gewellten, mit Kanälen versehenen Metallplatte, die in einen Cylinder aus feuerfesten Ziegeln mit Scheidewänden eingeschlossen ist. Der heizende Gas- und der kühlende Luftstrom werden selbsttätig durch eine Vorrichtung umgeschaltet, die auch den erzeugten Wechselstrom in Gleichstrom transformiert.

b) Thermoelemente aus zwei Metallen oder Legierungen.

Unter diesem Abschnitte sollen die Thermoelemente behandelt werden, deren beide Elektroden aus zwei verschiedenen Metallen oder aus einem Metalle und einer Legierung oder aus zwei verschiedenen Legierungen bestehen. Die Einteilung ist vorgenommen nach dem vorherrschenden oder dem besonders charakteristischen Bestandteil, gleichgültig, ob dieser thermoelektrisch positiv oder negativ ist.

1. Elektroden aus Aluminium.

Unter den Aluminium-Zink-Legierungen haben nach Hector Pecheux⁵⁾ Zn Al^0 und Zn Al^{10} die größte EMK gegen Kupfer, wenn man nicht weit über 180^0 geht. Gegen 380^0 nähert sich ihnen Zn Al^2 .

Aluminium oder seine Legierungen hat Charlton James Wollaston⁶⁾ statt Neusilber in Elementen, die verzinnertes Eisen als

¹⁾ Am. P. 244 235 vom 12. 7. 1881, Abb.

²⁾ E. P. 16709 vom 13. 6. 1887, Abb.

³⁾ Siehe unter Anwendungen.

⁴⁾ Am. P. 761 971 vom 18. 9. 1903; Centralbl. Accum. 1904, 5, 198, Abb.

⁵⁾ Acad. sc. 28. 12. 04; L'Ecl. él. 1905, 42, 155; Centralbl. Accum. 1905, 6, 44.

⁶⁾ E. P. 58 vom 6. 1. 1875, Abb.

andere Elektrode enthalten, vorgeschlagen. Die Elektroden gehen mit einem Ende in das Innere eines durchlöcherten Ziegelsteins, der auf der einen Seite erhitzt wird; das andere liegt in Wasser oder wird von Wasser betropft.

Für medizinische Zwecke legen die Electrolibration Co. und J. N. Webb¹⁾ eine Kontaktplatte aus Aluminium oder Nickel auf einen Körperteil des Kranken und verbinden sie durch eine Leitung mit einem auf anderer Temperatur gehaltenen Kupfer- oder Messingkasten, der mit Graphit und Schwefel oder mit galvanisiertem Eisendraht gefüllt ist.

2. Elektroden aus Antimon-Legierungen.

In der Legierung mit Antimon ersetzen L. C. E. Lebiez und P. L. Verchere²⁾ das Zink auch durch Kadmium. Die Legierung wird um einen Nickelkern herumgegossen, aber nur an der heißen Stelle mit ihm zusammengeschmolzen, während sie im übrigen von ihm durch Asbestscheiben getrennt ist.

Den Einfluß der verschiedensten Legierungsmetalle auf die Thermo-EMK des Antimons hat Paul Giraud untersucht. Bei seiner Thermosäule³⁾ (Fig. 2) besteht die Elektrode a aus einer Legierung von Kadmium, Silicium, Antimon, Zink, Kupfer und Zinn, die weder beim Erstarren des Gusses noch beim Erwärmen der Elemente krystallisiert. Das Kupfer erhöht die mechanische Festigkeit, die elektrische Leitfähigkeit und den Schmelzpunkt. Das Zinn macht die Legierung beim Guß flüssiger, erhöht die Gleichmäßigkeit und die Dauerhaftigkeit. Das Silicium vergrößert die Bruchfestigkeit. Das Kadmium steigert die EMK außerordentlich. Für kleinere Elemente (70 mm lang, 20 mm breit und hoch) verwendet man eine Legierung aus 50 Cd, 3 Si, 900 Zn, 1450 Sb, 80 Cu, 40 Sn; für mittlere (30 mm hoch) 60 Cd, 2 Si, 780 Zn, 1440 Sb, 30 Cu, 15 Sn; für große (100 mm lang, 30 mm breit, 50 mm hoch) 65 Cd, 2 Si, 960 Zn, 1830 Sb. Außer von dem Legierungsverhältnis hängt die

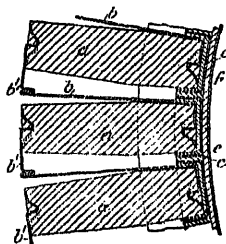


Fig. 2.

¹⁾ E. P. 10 774 vom 7. 6. 1892, Abb.

²⁾ E. P. 18030 vom 8. 11. 1887, Abb.

³⁾ D. P. 67610 vom 18. 7. 1891; E. P. 11060 vom 30. 6. 1891; Lum. él. 47, 231, Abb.; Elektrot. Anz. 10, 1312.

elektrische Leistungsfähigkeit der Elemente bei sonst gleichen Abmessungen von der Höhe (Dicke) ab, da diese durch die veränderte Ausstrahlung die Temperaturunterschiede beeinflusst. Dünnere Elemente sind deshalb elektrisch wirksamer. Die zweite Elektrode bb' besteht aus Weißblech, reinem Nickel oder Eisen, das mit Iridium, Platin oder Nickel belegt ist, oder aus Ferroaluminium.

Um eine gute Verbindung und eine große Berührungsfläche beider Elektroden zu erzielen, werden die Elektroden bb' mit der Elektrode a vereinigt in einem Kniestück. Die Enden der Elektroden bb' sind geteilt durch einige Schlitzte oder Schnitte. Die so gebildeten Zungen werden nach entgegengesetzter Richtung gebogen. Die beiden Teile bb' der Elektrode werden über einander gelegt wie in Fig. 2 und durch einen Schlag mit dem Hammer und eine Lötung vereinigt. Die warmen Enden der Elektroden werden gegen übermäßige Hitze dadurch geschützt, daß sie durch die Mauer der Heizkammer gehen, in eine Paste aus Asbestpulver und Kali oder Natronwasserglas eintauchen und umhüllt sind durch einen Becher c . Dazwischen liegt eine Asbestschicht f .

Der Zusatz von Kadmium und Wismut macht nach Albrecht Heil die Antimon-Zink-Legierung zwar etwas weniger brüchig, drückt aber ihren Wirkungsgrad ganz erheblich und auch den Schmelzpunkt herab. Dagegen wurde¹⁾ ermittelt, daß ein geringer Zusatz von Eisen (ungefähr 7%) die Legierung sehr verbessert. Gegen eine reine Zink-Antimon-Legierung zeigt diese Legierung eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit um das vier- bis fünffache, eine Erhöhung des Wirkungsgrades um ungefähr 25% und eine Erhöhung des Schmelzpunktes um ungefähr 20%. An Stelle des Eisens kann man auch Kobalt verwenden, während Arsenkobalt sowie merkwürdigerweise das dem Kobalt so nahe stehende Nickel den Wirkungsgrad ganz erheblich herabdrücken.

Ähnlich verbessern²⁾ die meisten anderen Metalle den Wirkungsgrad der Zink-Antimonlegierung nicht. Er ändert sich sehr mit der Zusammensetzung der reinen Legierung. Widerstand und EMK werden am günstigsten bei ungefähr gleichen Atomgewichten Antimon und Zink. Diese Legierung (100 Sb, 57 Zn) ist aber kaum so fest wie Hutzucker. Setzt man aus der Legierung 50 Sb, 41 Zn mit einer anderen Elektrode (z. B. Konstantan) ein Thermo-

¹⁾ D. P. 139631 vom 16. 3. 1902.

²⁾ Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 92 u. 93.

element zusammen und erwärmt nur auf 120° , so treten beim Abkühlen in der Mitte haarförmige Vegetationen aus reinem Zink auf.

G. A. Le Roy¹⁾ will die Widerstandsfähigkeit und Wirksamkeit der gewöhnlich gebrauchten Legierungen durch Zusatz von Aluminium oder Magnesium oder beiden verbessern. Z. B. führt er in die Legierung von Antimon und Zink, die noch Wismut enthalten kann, während des Schmelzens Aluminium (z. B. 5 %) ein. Die gegossene Legierung ist viel weniger schmelzbar, hat dauerhaftere Molekular-Konstruktion und gibt stärkere thermoelektrische Ströme. Um die Legierungen gegen heiße und feuchte Luft zu schützen, gibt man ihnen eine Hülle, z. B. aus Schmelzemailen oder einem Kitt aus Natriumsilikat und Asbest, oder gießt sie in einen metallenen Mantel (aus Eisen, Nickel, Kupfer), der entweder von der Legierung vollständig isoliert oder nur mit ihrem Pole verbunden ist.

3. Elektroden aus Cer- und Zirkonmetallen.

Dr. G. Paul Drossbach²⁾ hat gefunden, daß die Elemente der Cer- und Zirkongruppe in Verbindung mit Kupfer, Silber, Eisen usw. nicht nur eine wesentliche Erhöhung der EMK gegenüber den bisher verwendeten Nickel-, Wismut- und Antimonlegierungen ergeben, sondern auch besser leiten als diese. Auch ein Gemenge der seltenen Erden kann mit Erfolg benutzt werden. Es wird z. B. das Kupfer mit 1—40 % dieses Gemenges legiert. Es ist zu empfehlen, die Elemente der Zirkongruppe als Legierungsbestandteil der einen, die der Cergruppe für die andere Elektrode zu wählen, und z. B. der Thoriumbronze, die sich als ganz besonders geeignet erweist, eine nur kleine Menge Cer zuzusetzen. Es treten hier ganz analoge Erscheinungen wie beim Gasglühlicht auf, derart, daß schon ein ganz kleiner Zusatz von Cer usw. zum Materiale der einen Elektrode die Potentialdifferenz gegenüber reinem Kupfer außerordentlich erhöht.

4. Elektroden aus Metallen der Chromgruppe.

Elektroden aus Metallen der Chromgruppe mit Eisen (z. B. Wolframstahl) hat man³⁾ schon seit längerer Zeit zur Herstellung von Thermoelementen z. B. für Temperaturmessungen empfohlen.

¹⁾ F. P. 338384 vom 20. 3. 1903; La Rev. él. 1904, 2, 46.

²⁾ D. P. 139926 vom 9. 3. 1902.

³⁾ Siehe auch später.

Albert L. Marsh¹⁾ hat indessen neuerdings erkannt, daß die EMK bedeutend steigt, wenn die eine Elektrode ganz aus einem Metall der Chromgruppe oder aus einer Legierung eines dieser Metalle mit Nickel besteht. Wolframstahl, der ungefähr 10 % Wolfram enthält, liefert mit reinem Kupfer als anderer Elektrode bei 1000° ungefähr eine EMK von 0,003 V. Ein Wolframstahl, der ungefähr 2,5 % Wolfram enthält, ergibt unter denselben Bedingungen eine EMK von 0,005 V. In jedem Fall zeigt sich Wolframstahl positiv zu Kupfer. Dagegen wird mit einer Nickel-Wolfram-Legierung von weniger als 30 % Wolframgehalt bei 1000° eine EMK von 0,012 V. erzielt. Die Legierung verhält sich dabei negativ zum Kupfer. Nickelchromlegierung mit ungefähr 10 % Chromgehalt liefert unter gleichen Bedingungen 0,013 V., Nickel-Molybdänlegierung mit ungefähr 15,6 % Molybdän 0,017 V. Auch diese Legierungen verhalten sich negativ zum Kupfer. Nickellegierungen der Metalle der Chromgruppe haben ferner gegenüber den Eisenlegierungen den Vorzug höherer Schmelzpunkte und der geringeren Oxydationsgefahr und sind daher bei noch höheren Temperaturen als jene verwendbar. Sie bröckeln nicht bei Temperaturänderungen oder starken Erschütterungen, haben eine unbegrenzte Lebensdauer und können in so dünne Streifen gebracht werden, daß Luftkühlung genügt. Beim Aufbau eines Thermoelements der angegebenen Art ist es vorteilhaft, den positiven Teil aus Nickel oder Kobalt oder aus einer Legierung von Nickel (ungefähr 35 %) und Kupfer (ungefähr 65 %) zu bilden. Die letztere Elektrode hat einen Schmelzpunkt, der weit über 1050°, also dem ungefähren Schmelzpunkt von reinem Kupfer, liegt. Die negative Elektrode kann aus einer der folgenden Legierungen bestehen: 1. Chromnickel, 2. Molybdännickel, 3. Wolframnickel, 4. Urannickel. Da das Uran zurzeit selten und teuer ist, so muß von dessen Verwendung vorläufig noch in der Praxis Abstand genommen werden. Es ist vorteilhaft, den negativen Bestandteil aus einer Legierung von Chrom (10 %) und Nickel (90 %) oder Molybdän (15 %) und Nickel (85 %) oder Wolfram (20 %) und Nickel (80 %) herzustellen; indessen sind auch andere als die angegebenen Verhältnisse brauchbar. Es können auch zwei oder mehrere Metalle der Chromgruppe mit Nickel legiert

¹⁾ Am. P. 779090 vom 4. 6. 1904, übertragen auf William A. Spinks & Co. Am. P. 781289 und 781290 vom 18. 10. 1904. Auf den Namen von William Hoskins D. P. 168412 vom 29. 12. 1904; E. P. 28554 vom 28. 12. 1904 und E. P. 349632 vom 28. 12. 1904.

werden und liefern in dieser Verbindung wünschenswerte Resultate. Jede der beschriebenen Legierungen von Nickel mit einem der erwähnten Metalle der Chromgruppe verhält sich elektronegativer zu der Legierung von Nickel mit Kupfer, und eine Stange der einen Legierung kann leicht mit der Stange der anderen Legierung zu einem Thermoelement verschweißt werden.

In der Thermosäule¹⁾ (Fig. 3, Grundriß, Fig. 4 Schnitt nach Linie 2) sind Asbestringe durch Bolzen *a* um eine mittlere Kammer *B* zu einer Röhre *A* vereinigt. An Röhre *A* halten radiale Arme *b* eine äußere Cylinderwand *C*, so daß um die Röhre eine offene Ringkammer *D* entsteht. Die Röhre *A* wird durch den großen Bunsenbrenner *E* geheizt. Die Thermoelemente *F* bestehen aus Nickel-Kupferstreifen *c* und Nickel-Chromstreifen *d*, die durch das Material der Röhre *A* gehen und

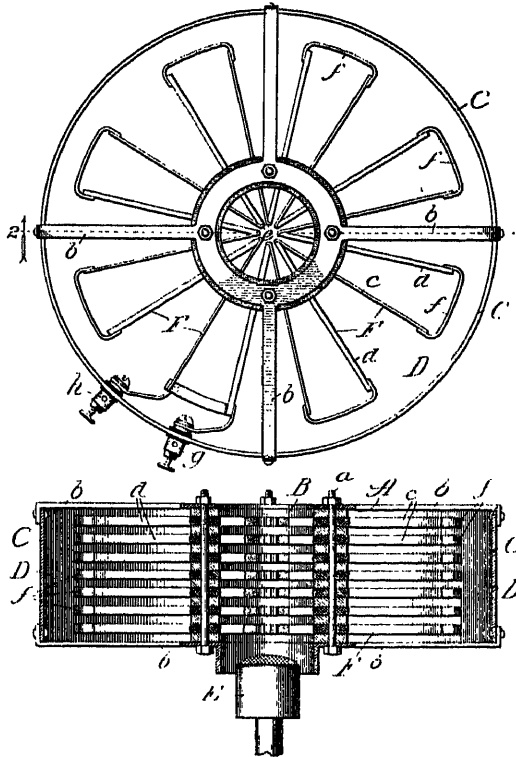


Fig. 3 u. 4.

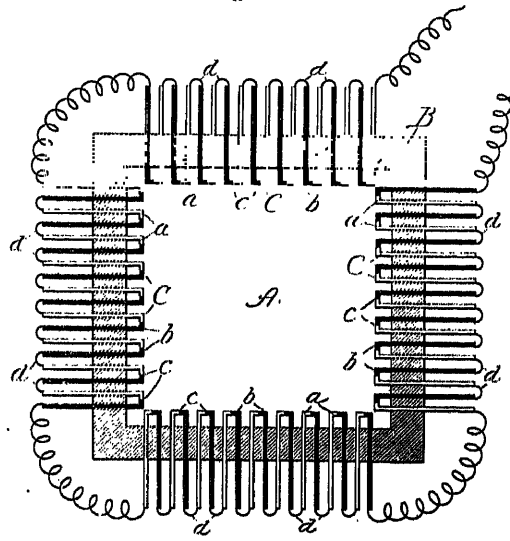


Fig. 5.

¹⁾ Am. P. 779 090 vom. 4. 6. 1904.

bei *e* elektrisch zusammengeschweißt sind. Diese Enden liegen nahe der Mitte der Röhre, die anderen an der Wand *C*. Die Elemente sind durch die Kupferstreifen *f* hintereinander geschaltet. *g* und *h* sind die Klemmen der Thermosäule.

In der Konstruktion nach Fig. 5 ist¹⁾ *A* die Verbrennungskammer mit den Wänden *B* aus hoch feuerbeständigem Material. Durch diese gehen die Thermoelemente *CC* aus den Streifen *a* und *b*, die bei *c* elektrisch zusammengeschweißt sind. Die Thermoelemente sind durch Kupferstreifen *d* verbunden. Ihre äußeren Enden können durch Luft, Wasser oder sonstwie künstlich gekühlt werden.

5. Elektroden aus Eisen²⁾.

Die Kurve für die Änderung der EMK mit der Temperatur erreicht für die Elemente Eisen-Silber, -Zink, -Kupfer nach Arthur Palme³⁾ den höchsten Punkt (etwas über 1 Millivolt) zwischen 200⁰ und 250⁰ und geht dann nach unten. Die ganz gerade Linie für Eisen-Platin beginnt bei 20⁰ mit 0 Volt und endet bei 300⁰ mit 3 Millivolt.

Auf chemische Reinheit des Eisens an der Kontaktstelle mit dem Nickel sieht Paget Higgs⁴⁾. Die Metallpaare sind in Ringen um eine mittlere Wärmequelle angeordnet. Rings herum wird die Säule von einem Wasserkühlmantel umgeben. Die Elektroden sind auf besondere Weise miteinander verbunden.

Gußeisen in fein verteiltem Zustande setzen Cecil und Leonard Wray⁵⁾ dem Antimon-Zink zu. Man gießt in Formen aus losen Tonstücken, die in Sand so eingebettet sind, daß sie bei der Ausdehnung der Legierung nachgeben. Übersteigt die Länge der thermoelektrischen Stäbe 50 mm, so werden sie ganz in Ton eingebettet.

Das Eisen schützt zugleich die erhitzten Enden der Elektroden aus Antimon-Zink bei der Säule von E. N. Dickerson⁶⁾. Die Antimon-Zink-Klötze sind durch schräge Stäbe aus Nickel oder Nickelin verbunden.

¹⁾ Am. P. 781 288 vom 18. 10. 1904.

²⁾ S. a. unter „Nickel“.

³⁾ Ztschr. Elektrot. 2. 7. 1905; Centralbl. Accum. 1905, 6, 187.

⁴⁾ Am. P. 241 859 vom 24. 5. 1881, Abb.

⁵⁾ E. P. 902 vom 6. 3. 1877, Abb.

⁶⁾ E. P. 12 330 vom 6. 8. 1890, Abb.; Am. P. 472 037; vgl. a. Am. P. 433 451.

Ein Element aus Eisen- und Kupferdrähten schlagen Chassagny und Abraham¹⁾ für Temperaturmessungen vor. Jungner²⁾ läßt Eisen- und Kupferdrähte abwechselnd übereinander greifen.

Eisen in Verbindung mit Nickel³⁾, beide in Form von Drähten, verwendet K. Noack⁴⁾. Zehn Paare sind an den Enden zickzackförmig zusammengelötet und mit Gummistopfen in die seitlichen

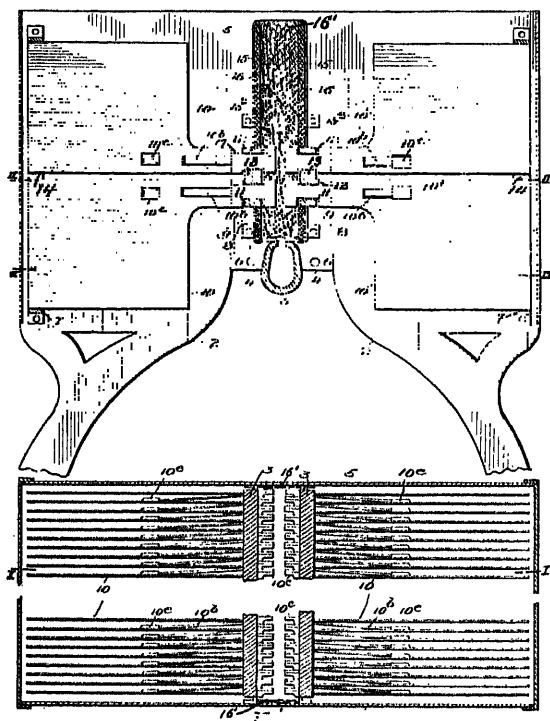


Fig. 6 u. 7.

Rohransätze zweier Messingrohre so eingefügt, daß sich die Lötstellen in den Axen dieser Rohre befinden. Jedes dieser Rohre besitzt an den geschlossenen Enden je eine dünne Röhre zum Zu- und Ableiten des Kühlwassers oder Dampfes und oben in der Mitte einen Stutzen zum Einsetzen von Thermometern. Das Ganze sitzt

¹⁾ Compt. rend. 1890, **111**, 477.

²⁾ Am. P. 521 168.

³⁾ Die Thermoelektrizität von Nichteisen (auch von Stahl) untersuchte u. a. G. Belloc (Compt. rend. **134**, 105).

⁴⁾ Ztschr. phys. chem. Unterr. 1893, **6**, 63; Ztschr. Instrum.-Kunde **13**, 207.

in einem Holzrahmen. Die Teile der Drähte, die sich innerhalb der Messingrohre befinden, sind gut gefirnißt.

Auch Charles B. Thwing¹⁾ macht Eisen- oder Eisenlegierungen zum positiven Pol seiner Thermokette. Die negative Nickellegierung besteht aus 1746 T. Nickel auf 1264 T. Kupfer, entsprechend der Formel $\text{Ni}_3 \text{Cu}_2$ oder in ähnlichen Verhältnissen. Die Vereinigung mit dem Eisenpol geschieht durch Guß oder Hartlöten oder auch unter Anwendung eines Lotes aus 9 T. Kupfer und 1 T. Antimon. Die EMK des Elementes beträgt etwa 0,05 V.

Aus solchen Elektroden wird eine Thermosäule aufgebaut²⁾. In Fig. 6 und 7 bedeutet 2 das Grundgestell, welches das längliche Brennerrohr 3 trägt (in Fig. 6 im Querschnitt). Der Schornstein wird aus 2 Platten gebildet (15, 15'), die bei 15^a mit dem Gestell verschraubt und innen mit Asbest ausgefüllt sind. Auf dem Gestell laufen isolierende Streifen 7, 7' und 9, 9' entlang, auf denen in zwei Reihen, einer auf jeder Seite des Brenners, die Paare 10 der Thermoelemente aufruhend, sodaß die Enden davon in den Kamin hineinragen. Dieser Satz von Thermoelementen trägt, oberhalb durch andere isolierende Streifen 14 und 13 unterstützt bzw. getrennt, noch einen zweiten Satz 10' von Paaren von Thermoelementen, die gleichfalls mit den Enden in den Kamin hineinragen. Jedes Elementenpaar 10 und 10' hat einen seitlich vorspringenden schmalen Flügel 10^a aus Eisen oder Stahl. 10^b



Fig. 8.

ist das andere Element aus einer Kupfer-Nickel-Legierung. 10^c, das Verbindungsstück zwischen den Elementen 10^a und 10^b an der Erhitzungsstelle, ist durch Vernietung und Schweißung mit den Elementen vereinigt. Fig. 8 gibt die Einzelheiten dieser Stelle. Jedes Element hat ferner eine ausgestanzte Stelle 10^e, in die der Endstreifen des benachbarten Elements eingreift. Die Elemente haben somit je eine Verbindungsstelle, die in den Kamin hineinragt und erhitzt wird, und einen zweiten Anschluß zum Hintereinanderschalten bei 10^e, der kühl bleibt, da ein immerwährender Luftstrom hindurchstreichen kann.

Ersetzt man die Kombination Antimon : Wismut durch Wismut : Weißblech, so hat man nach Morreu³⁾ den Vorzug der

¹⁾ Am. P. 704595 vom 14. 6. 1901, übertragen auf Louis S. Langville.

²⁾ Am. P. 704596, übertragen auf Louis S. Langville; E. P. 15784 vom 15. 7. 1902.

³⁾ Dingl. Pol. J. 1856, 139, 422; Compt. rend. 1855, 41, 724.

leichteren Anfertigung und die Möglichkeit, in demselben Raume eine größere Zahl von Elementen vereinigen zu können.

Ebenfalls verzinntes Eisen, und zwar vorwiegend als Drahtgewebe, benutzt Henry Woodward¹⁾. Er verbindet in Streifenform das untere Ende einer Antimon-Zink-Elektrode, die im Querschnitt die Gestalt einer Rolle mit Nut hat, mit dem oberen Ende der nächsten. Offene Räume zwischen den Elektroden, die um eine innere Heizkammer angeordnet sind, erhöhen den Temperaturunterschied. Äußere Kupferstreifen sind an einem Kupfermantel befestigt, auf den Wasser in feinen Strahlen fällt. Ein Asbestanstrich schützt die Elektroden vor der Zerstörung durch die Hitze. Die Eisenstücke werden vorher in Asbestpapier eingewickelt. Schlackenwolle zwischen den Ausschnitten der Elemente wirkt als Puffer bei Ausdehnungen und Zusammenziehungen.

Bei einer späteren Konstruktion²⁾ befindet sich über einem Herde ein cylindrisches Gehäuse mit Heißluftführungen an den Wänden. An der Außenseite ist eine Reihe von Fächern angeordnet, auf denen die Elemente, durch Asbestpapier isoliert, stehen. Die Elektroden sind keilförmig, mit den schmaleren Enden nach innen gekehrt und durch Gießen einer Legierung von Antimon und Zink auf verzinntes Eisen hergestellt, das gedrehte Vorsprünge besitzt. In den Zwischenräumen dieser Teile wird isolierendes Material angebracht, das aus einer Mischung von Schlackenwolle und Portlandzement besteht.

Dieselben Elektrodenmaterialien verwendet Chaudron³⁾. Je 10 Elemente werden zu einem Kranze vereinigt, die Kränze übereinander gebaut. Die Elemente sind durch Eisenblech verbunden, das zur Vergrößerung der Abkühlungsfläche vorspringende Auskragungen besitzt. Durchschnittlich wurde für ein Element eine EMK von 0,061 V. erreicht.

6. Elektroden aus Kupfer.

Kupfer ist mehrfach, entweder allein oder in Form von Legierungen (z. B. Messing), zur Herstellung von Thermoelementen verwendet worden. Das Deltametall (56 Cu, 40 Zn, 1 Fe, 1 Pb oder 1 Mn) benutzen J. Lea und G. C. Harvey⁴⁾ in Kombination mit

¹⁾ E. P. 5421 vom 14. 11. 1882 und 2062 vom 24. 4. 1883, Abb.; Am. P. 394090.

²⁾ E. P. 3845 vom 25. 3. 1885, Abb.

³⁾ L'Electricien 1885, 9, 177.

⁴⁾ E. P. 15692 vom 28. 11. 1884, Abb.

Antimon-Zink. Um einen Stab aus letzterem wird das Delta-Metall gegossen, sodaß es bis auf den untersten Teil von ihm durch Asbest isoliert ist. Eine Schraubenkappe führt den Strom von der äußeren, ein durch sie isoliert hindurchgehender Draht von der inneren Elektrode ab. Man vermeidet durch das Delta-Metall den äußeren Behälter, der nötig ist, wenn beide Elektroden leicht oxydierbar sind.

Von anderen Legierungen des Kupfers findet besonders Konstantan¹⁾ Verwendung.

7. Elektroden aus Nickel und Nickellegierungen²⁾.

Wenn auch Nickel nach Émile Steinmann³⁾ selbst in kleinen Beimengungen die Kurve der EMK der Legierungen der des reinen Nickels nähert, so legt doch auf die Reinheit des Metalls William Scott besonderes Gewicht. Um es zu reinigen, wird⁴⁾ gewöhnliches gegossenes Metall in einem Tiegel auf ein Gemenge von Mangan- oder Wolframoxyd mit Holzkohlenpulver gelegt und nach Bedecken mit letzterem einige Zeit geschmolzen. Aus solchem Nickel allein oder in Legierung mit Kupfer werden⁵⁾ Elektroden hergestellt und mit solchen aus Schmiedeeisen verbunden. Die Elektroden sind an den der Hitze ausgesetzten Enden mit übereinandergelegten Lappen verlötet, an den kalten Enden durch Verlötung oder durch einen Kupferdraht verbunden. Die Enden der Eisenstäbe können eine dünne Kupferbekleidung tragen. Die Reihen der Elemente werden in Lagen angeordnet. Dadurch und mit Hilfe eines Schlittens können die Elemente hintereinander oder parallel geschaltet werden. Die Säule kann so aufgestellt werden, daß sie verloren gehende Wärme nutzbar macht. Die Wärmequellen können ein Küchenofen, Retorten, Kessel oder andere Öfen sein.

Ebenfalls reines Nickel, aber in Kombination mit einer Antimonzinklegierung, verwendet R. J. Gülcher. Er hat erkannt⁶⁾, daß es

¹⁾ Siehe Nickelelektroden.

²⁾ Über Thermoelemente aus Nickel für Temperaturmessungen s. später.

³⁾ Acad. sc. 14. 5. 1900; L'Ind. él. 1900, 9, 263; Centralbl. Accum. 1900, 1, 251.

⁴⁾ E. P. 4118 vom 17. 10. 1878.

⁵⁾ E. P. 5250 vom 23. 12. 1878.

⁶⁾ D. P. 44146 vom 23. 6. 1887 und E. P. 623 vom 14. 1. 1898, beide in Gemeinschaft mit der Firma Julius Pintsch und mit Abb.; J. Gasbel. 1890, 33, 455, Abb.; 1892, 519; Elektrot. Ztschr. 1890, 11, 187, Abb.; 1891, 12, 186; El. Anz. 1890, 7, 34; Ztschr. angew. Chem. 1890, 584; El. World 1890, 15, 92; L'Electricien 1890, 14, 804; Lum. él. 1891, 41, 478, Abb.; Electrician 1891, 27, 692, Abb.; El. Rev. 30, 8.

praktisch sei und den Nutzeffekt der Säule erhöhe, wenn statt der Stäbe aus thermoelektrischem Material Röhren aus solchem verwendet werden, die nur an der kleinsten Basisfläche erwärmt werden, während der andere bedeutend größere Teil zur Beschleunigung der Abkühlung dient. Bei gleicher Wärmemenge und gleichem thermoelektrischem Material wird die erzeugte EMK bei Benutzung von Hohlkörpern bedeutend größer, zugleich das Verhältnis von Länge zu Durchmesser viel günstiger. Statt der Hohlzylinder können auch hohle Parallelepipede von quadratischem, recht- oder dreieckigem Querschnitt benutzt werden. Die Gesamtgröße der Abkühlungsfläche übt keinen bedeutenden Einfluß aus. Eine erhöhte Nutzwirkung wird erzielt, wenn in den Körper ein Stab oder besser noch ein zweiter Hohlkörper aus thermoelektrischem Material gebracht wird. In letzterem Falle erhält der innere Körper in der Nähe des unteren Randes eine Reihe von Öffnungen, die zum Durchtritt eines kühlenden Luftstromes dienen. An dem Hohlkörper wird oben zweckmäßig ein Schornstein befestigt, und die aus diesem entweichende warme Luft unter den Ofen geleitet und zum Heizen benutzt. Die Elemente werden so angebracht, daß sie von einander und vom Heizraum isoliert sind. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten im allgemeinen werden die Thermoelemente so angeordnet, daß sie als eigener Heizapparat dienen können. Der innere Hohlraum jedes Elementpaares wird als Zuleitung des Heizgases benutzt, und das zu erwärmende Ende der beiden Hohlkörper mit einem oder mehreren, mit dem inneren Hohlkörper kommunizierenden Löchern versehen. Das Gas strömt durch diese aus und wird unmittelbar an dem zu erwärmenden Ende verbrannt. Eine Asbest- oder Glimmerplatte schützt den Hohlkörper gegen strahlende Wärme. Bei einer anderen Konstruktion wird nicht das untere, sondern das obere Ende des Hohlkörpers erwärmt, darüber ein zweites Element angebracht, und die aufsteigende heiße Luft zu dessen Heizung benutzt. In anderen Fällen wird bei ähnlicher Anordnung der Elemente die Erwärmung von innen aus durchgeführt, wobei der größte Nutzeffekt erzielt wird. Beispielsweise (Fig. 9) endet die innere Röhre *B* in einem durchlöchernten Metallstück *C*, das an dem unteren ringförmigen Ende *a* des äußeren konischen Stücks *A* befestigt ist, sodaß das Gas im Innern des letzteren brennt. Die Verbrennungsprodukte ziehen durch Schlitz *s* ab.

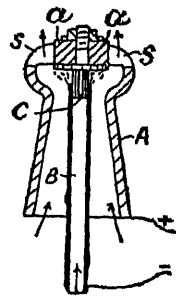


Fig. 9.

Um das Ende der einen Elektrode wesentlich mehr zu erwärmen als das der andern und dadurch einen guten Nutzeffekt zu erzielen, werden¹⁾ die warmen Enden durch ein langes Zwischenstück verbunden, von dem nur ein Ende der Wärmequelle unmittelbar zugänglich gemacht, das andere aber durch schlechte Wärmeleiter vom Heizraum isoliert ist. Mit ersterem Ende wird die schwer schmelzbare positive Elektrode (z. B. Nickel), mit dem letzteren die leicht schmelzbare negative Elektrode (z. B. Antimonzink) verbunden. So können ohne Energieverlust die hohen Temperaturen der Wärmequelle unmittelbar ausgenutzt werden. Außerdem wird der innere Widerstand der Säule dadurch verringert, daß die leicht schmelzbare



Fig. 10.

Elektrode nur ungefähr halb so lang zu sein braucht wie wenn man die Enden der Elektroden durch ein Lot oder kurzes Zwischenstück verbinden würde, sodaß die Stromstärke verdoppelt wird. In Fig. 10 bedeutet b die leicht, p die schwer schmelzbare Elektrode, c das ausgedehnte Zwischenstück, unter dessen Vermittlung das Ende von p stärker als das von b erhitzt wird.

Weiter ist es von Vorteil²⁾, den inneren Widerstand der Elemente genau in dem Verhältnis kleiner zu machen, wie die EMK mit der Temperatur des Heizraumes in den von der Wärmequelle weiter entfernten Lagen abnimmt. Da die gesamte Nutzleistung der Säule gleich ist dem Quadrat ihrer EMK dividiert durch ihren vierfachen inneren Widerstand, so folgt, daß die Leistung der Säule durch Vergrößerung der Anzahl von Elementenreihen nur bis zu einer bestimmten Entfernung von der Wärmequelle wachsen kann und dann durch noch weiteres Aufbauen von Elementenreihen wieder fallen muß, weil der innere Widerstand der Säule unverhältnismäßig zunimmt, ja der Nutzeffekt der Säule verringert, anstatt vergrößert wird. Ganz anders verhält es sich aber, wenn man dafür Sorge trägt, daß in jeder Reihe das Verhältnis des inneren Widerstands zu der EMK, die diese Reihe in bezug auf ihre Entfernung von der Wärmequelle gibt, ein stetes bleibt. Es wächst also die Nutzleistung mit jeder hinzugefügten Reihe beständig, wenn auch schließlich in den weitesten Entfernungen von der Wärmequelle, wo die Wärme des Heizraums nur noch eine geringe ist, um

¹⁾ D. P. 59676 vom 12. 10. 1890; E. P. 9627 vom 6. 6. 1891 (für R. J. Gülicher und J. Pintsch); Am. P. 472261.

²⁾ D. P. 59693 vom 12. 10. 1890; E. P. 9627 vom 6. 6. 1891.

eine nur kleine Größe. Hierdurch kann die Wärme des Heizraumes bis auf das Äußerste ausgenutzt werden. Zur praktischen Ausführung dieser Bedingung macht man z. B., nachdem man die Abmessungen und die Anzahl der Elemente für die erste (der Wärmequelle zunächst liegende) Reihe bestimmt hat, unter Beibehaltung

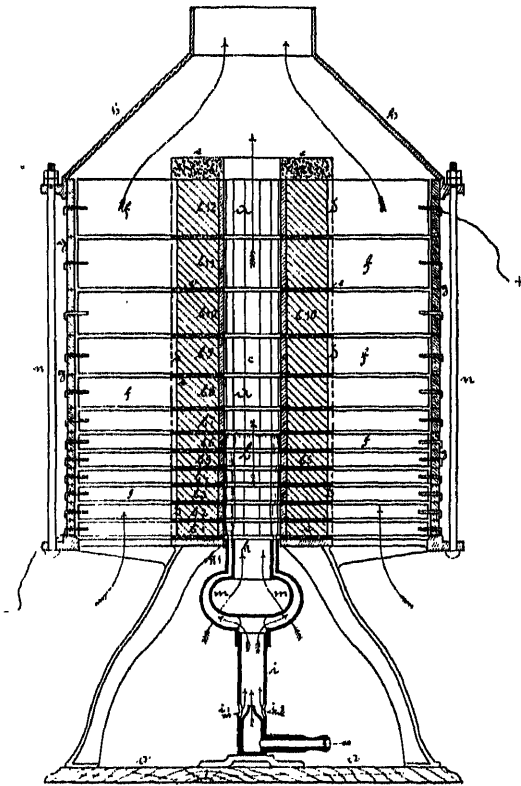


Fig. 11.

derselben Anzahl von Elementen entweder die Querschnitte der einzelnen Elemente größer, indem man die Elemente z. B. entsprechend höher macht, oder verkürzt die Länge der Elemente entsprechend, oder verwendet zur Herstellung der Elemente eine Legierung von niedrigem Schmelzpunkt, die eine verhältnismäßig höhere EMK erzeugt als die in den unteren Lagen angewendeten Legierungen oder Metalle von höherem Schmelzpunkt, und die infolgedessen gestattet, die Anzahl der Elemente in einer Reihe, somit ihren inneren Widerstand entsprechend zu verringern. In Fig. 11 ist aa der ge-

621. 35

1241

No 2. 30

meinschaftliche Heizraum, um den die radförmigen Elementenreihen $b_1 b_2 b_3$ usw. angeordnet sind. Die zu erwärmenden Verbindungsstellen cc der einzelnen Elemente bilden selbst die innere Wandung des Heizraumes. Die einzelnen Elemente sowohl als auch die Elementenreihen sind in geeigneter Weise durch eine gleichzeitig die Wärme schlecht leitende Masse ee (z. B. durch ein Gemenge von Kieselguhr und Asbest) von einander isoliert. Die Kühlung der Lötstellen dd wird durch angelötete Kupferbänder ff bewirkt, die durch Drähte an Reifen gg aus isolierendem Stoff (Hartgummi, paraffiniertem Holz u. dergl.) befestigt sind. Von der

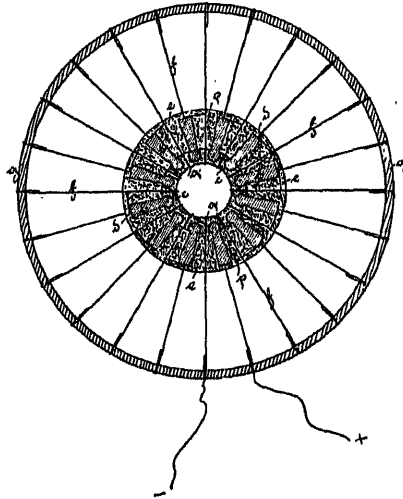


Fig. 12.

Stelle ab , wo die Wärme abnimmt, nehmen die Querschnitte der Elemente allmählich zu, indem sie (unter Beibehaltung der übrigen Abmessungen) entsprechend höher gemacht worden sind (b_7 bis b_{12}). Der Heizraum aa wird z. B. durch die Bunsenflamme l von hohler cylindrischer Form erwärmt und erhält durch diese auf eine ziemlich lange Strecke b_1 bis b_2 einen stetigen hohen Wärmegrad. Die Elementenreihen ruhen auf einem entsprechenden Gestell, das mit dem Gasbrenner ik auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte oo befestigt ist. Über den Reifen g der obersten Elementenreihe ist ein kegelförmiger in einen Rohrstutzen auslaufender Blechhut hh aufgesetzt, der mit einem Schornstein verbunden werden kann, um die Kühlbänder ff einem lebhaften Luftzuge auszusetzen. Der Blechhaufsatz hh ist mit Lappen versehen, die durch Schrauben nn mit

entsprechenden Lappen am unteren Gestell verbunden sind. Hierdurch ist der ganzen Säule genügende Festigkeit gegeben. Fig. 12 stellt eine einzelne Elementenreihe im Querschnitt dar. *cc* sind die zu erwärmenden Verbindungsstellen oder Zwischenstücke, die aus gut leitendem Metall (z. B. Kupfer) bestehen. An einer ihrer Seiten sind die positiven Elektroden *pp* (z. B. aus Nickelblech) hart angelötet, während an diesen Zwischenstücken die negativen Elektroden *bb* (z. B. aus einer Legierung von Antimonzink) in entsprechenden Aushöhlungen beispielsweise eingegossen sind. Die einzelnen Elemente, die an ihren Verbindungsstellen *cc* dicht nebeneinander liegen, werden durch dünne Glimmerstreifen *qq* von einander isoliert. Der übrige freie Raum zwischen den Elementen ist mit der isolierenden Wärmeschutzmasse *ee* angefüllt, mit der die Elemente auch von

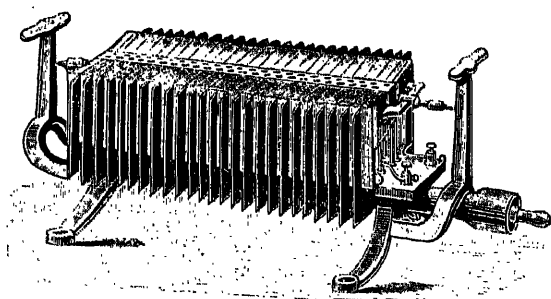


Fig. 13.

oben und unten bekleidet sind. Von den kupfernen Kühlbändern // *kommen je zwei auf ein Element.*

Die Fabrikation der Gölcher'schen Thermosäule¹⁾ ist im Jahre 1889 von der Firma Julius Pintsch in Berlin, O. 27, aufgenommen worden. Die Säule hat sich nach einigen kleineren Verbesserungen vielfach eingeführt, weil sie mit verhältnismäßig großem Nutzeffekt lange Haltbarkeit (bis zu 10 Jahren), billigen Betrieb und bequeme Handhabung vereinigt. Die im wesentlichen auf D. P. 44146 beruhende praktische Ausführung der Säule zeigt Fig. 13. Die Elemente sind, in zwei parallelen Reihen hintereinander geschaltet, auf einer Schieferplatte befestigt. Diese bildet die Decke eines Kanals, in den das in der angesetzten Schlauchhülle mit Luft gemengte Gas einströmt. Aus dem Kanale tritt das Gasluftgemisch

¹⁾ Vgl. Alfred Schmidt, Ztschr. angew. Chem. 1895, 219; Ztschr. Elektrot. 1895, 197.

in Röhrchen *A* (Fig. 14) aus reinem dünnen Nickelblech, die zugleich die positiven Elektroden bilden, und dann in Specksteinbrenner *E*, auf die Schornsteine aus Porzellan mit einseitig vorstehenden Glimmerröhrchen aufgesetzt sind. Durch die blauen Heizflämmchen wird das schmiedeeiserne cylindrische Verbindungsstück *B* erwärmt, dessen unterer aus vier Klauen *B'* bestehende Teil mit den Nickelröhren hart verlötet ist. Um den oberen Teil sind Hohl-cylinder *C* aus Antimonlegierung herumgegossen, deren Zerspringen durch eingelegte Drahtspiralen *F* verhütet wird. Die negativen Elektroden *C* haben dreieckige Verlängerungen *C'*. An sie sind nach unten umgebogene Kupferblechstreifen *D* angelötet. Sie stehen in Einschnitten am Rande der Schieferplatte und dienen sowohl zur Verbindung der Elemente (durch Kupferdrähte, die nach dem unteren Ende des folgenden Nickelröhrchens gehen), als auch zur Kühlung der einen Reihe von Lötstellen durch Luftzirkulation. Zum

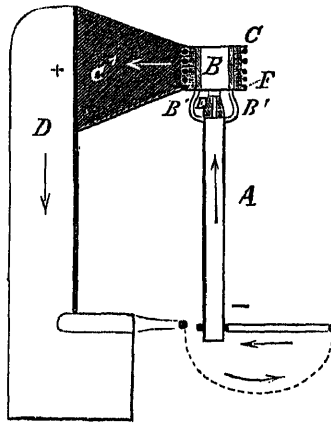


Fig. 14.

Betriebe der Säule, der nach Einsetzen der Schornsteine mittels ihrer Glimmerröhrchen $\frac{1}{2}$ Min. nach Öffnen des Gashahns begonnen werden kann, ist bei den neueren Modellen ein Gasdruck-Regulator nicht mehr notwendig, weil Überhitzung und damit Zerstörung der Elemente nicht eintritt, wenn der Gasdruck nicht über 50 mm Wassersäule steigt. Auf dauerndes gutes Brennen der Gasflämmchen, die häufiger durchschlagen, ist zu achten.

Betriebe der Säule, der nach Einsetzen der Schornsteine mittels ihrer Glimmerröhrchen $\frac{1}{2}$ Min. nach Öffnen des Gashahns begonnen werden kann, ist bei den neueren Modellen ein Gasdruck-Regulator nicht mehr notwendig, weil Überhitzung und damit Zerstörung der Elemente nicht eintritt, wenn der Gasdruck nicht über 50 mm Wassersäule steigt. Auf dauerndes gutes Brennen der Gasflämmchen, die häufiger durchschlagen, ist zu achten.

Die Firma Julius Pintsch bringt drei Größen in den Handel, von denen Nr. 1 (85 M.) hauptsächlich für Demonstrationszwecke und zum Betriebe kleiner Induktionsapparate, Nr. 2 (160 M.) für elektrolytische und galvanoplastische Arbeiten und Nr. 3 (190 M.) zum Laden von Akkumulatoren dient¹⁾, die dann den verschiedensten Zwecken nutzbar gemacht werden können. Dazu steht die Thermo-säule im Interesse der Billigkeit am besten ständig im Betriebe. Dies ist auch von Vorteil für die Dauerhaftigkeit der Thermo-elemente.

¹⁾ Vgl. C. Elbs, Chem.-Ztg. 1893, 17, 66, 97; Dr. Egmont Baumgarten, Monatsschr. f. Ohrenheilk. 1893, Nr. 5.

Bei einem normalen Gasdrucke von etwa 30 mm Wassersäule unmittelbar vor der Einströmungsdüse und 8—10 Minuten nach dem Anzünden zeigt:

Säule Nr.	Anzahl der Elemente	Gasverbrauch Liter in der Stunde	EMK V.	Nutzbare Klemmenspannung V.	Wi in O.	Leistung, verglichen mit der von Bunsen-Elementen.
1	26	70	1·5	0·75	0·25	ein kleines Element.
2	50	130	3·0	1·50	0·50	zwei kleine Elemente.
3	66	170	4·0	2·00	0·65	zwei große Elemente.

Die Betriebskosten betragen 1, 2, bzw. 2½ Pfennig für die Säule und Stunde. Jede der drei Größen liefert unter obigen Verhältnissen etwa 3 A. Die gesamte elektrische Energie beträgt demnach etwa 70 V.-A. auf 1 cbm Gasverbrauch in der Stunde.

Außer diesen Angaben des Fabrikanten seien einige Prüfungen von anderer Seite in ihren Hauptergebnissen angeführt¹⁾.

Der größte erreichbare Wirkungsgrad beträgt nach J. Kollert²⁾ bei der Gülcher'schen Thermosäule 16%, bei der Clamond'schen nur 4,8%, bei der Hauck'schen 8% und bei der Noë'schen 6%, wobei der innere Widerstand möglichst annähernd gleich dem äußeren sein muß. Tatsächlich gemessen wurden nur 0,66 bzw. 0,65% bzw. 0,071 bzw. 0,21%. Der geringe Wirkungsgrad ist namentlich bedingt durch den schlechten der Heizvorrichtung, der bei der Gülcher'schen Säule 4,31%, bei der Clamond'schen 13,54% beträgt. Gelänge es bei ersterer, den Wirkungsgrad der Heizung auf den der Dampfkessel (70%) zu steigern, so würde der Wirkungsgrad der Säule von 0,66 auf 8% steigen.

E. Brüggemann³⁾ fand bei einer Gülcher'schen Säule von 66 Elementen als höchste nach außen abgegebene Nutzarbeit 9,85 W. (2,42 A. bei 4,07 V. Klemmenspannung). Die EMK ist dem Gasverbrauche bei Drucken von 11—34 mm direkt proportional, sodaß man, sobald eine niedrigere als die normale Energiemenge benötigt wird, nicht Widerstände in den Stromkreis einzuschalten braucht, sondern nur die Gaszufuhr zu vermindern hat. Die Gegenwirkung (Peltier'sche) des Stromes auf die EMK war bei 4 A. nur 0,227 V.

¹⁾ Vgl. a. Uppenborn's Messungen an einer älteren Säule, Elektrot. Ztschr. 1890, 11, 434.

²⁾ Elektrot. Ztschr. 1890, 11, 333; 1893, 14, 183; XII. Jahresb. naturw. Ges. zu Chemnitz 1890/92; Wied. Beibl. 1893, 17, 222.

³⁾ Elektrot. Ztschr. 1894, 15, 649.

Bis zur Erreichung der höchsten Spannung muß bei 30 mm Gasdruck die Säule etwa 24 Min. brennen; 90 % des höchsten Wertes sind schon nach 11 Min. vorhanden. Der Widerstand der eben aus der Fabrik gekommenen Säule betrug 0,59 O. Er nimmt zunächst ziemlich schnell zu, steigt z. B. nach 200 Brennstunden auf 0,775—0,786 (kalt 0,626—0,637), dann langsamer, sodaß er nach annähernd 500 Brennstunden auf 0,808 und nach 2 Jahren auf 0,912 O. kommt, wobei er jedenfalls stehen bleibt. Zur Erzielung von 3,97 V. braucht man bei 30 mm Wassersäule Druck in 1 Std. 164 l Gas.

Im Laboratorium des Frankfurter Physikalischen Vereins wurden¹⁾ an der Säule Nr. 3 bei 40 mm Gasdruck und 198 l stündlichem Verbräuche 2,03 A. bei 2,04 V. gefunden.

Unter den **Nickelkupferlegierungen** hat nach V. Fuchs²⁾ die mit 54 % Cu und 46 % Ni gegen Eisen die größte EMK. Die Thermo-EMK verschiedener Nickelkupferlegierungen gegen Blei hat Englisch³⁾ untersucht. Br. Thierbach⁴⁾ beobachtete Brüchigwerden von Neusilberdrahtelektroden und schiebt es auf zufälliges nicht homogenes Gefüge.

Wohl die älteste Thermosäule aus Eisen und Neusilber, das in der thermoelektrischen Spannungsreihe auf Nickel und Wismuth folgt, und bedeutend über Platin steht, gab Poggendorff⁵⁾ an. Moses Poole⁶⁾ stellte 100 Paare mit einander verbundener Neusilber- und Eisenstäbe aufrecht in ein Eisengefaß, bettete sie bis auf die Lötstellen in Lehm oder Gips ein, kühlte die obere, mit Pech bedeckte Fläche durch einen Strom kalten Wassers und erhitze die untere in einem Sandbade bis fast auf Rotglut. Camille Alphonse Faure⁷⁾ stellte aus einer Nickel-Kupfer-Legierung (auch Neusilber) einerseits und einer Antimon-Zink-Legierung andererseits WW-förmige Bänder her und legte diese unter Isolierung durch Schiefer und Zement übereinander, sodaß eine Art Ziegelstein entstand, der getrocknet und gebrannt wurde. In einem solchen Block ragte die eine Reihe von Enden mit dem längeren Teil der Elektrode aus dem Zement heraus. Eine Anzahl Blöcke wird gegen einen Ofen gelegt,

¹⁾ Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 95.

²⁾ Graz. Gymn. Seckauer-Diöcesan. Seminar; Wied. Beibl. 1894, 18, 125.

³⁾ Wied. Ann. 1893, 50, 109.

⁴⁾ Inaug.-Diss. Königsberg 1892; Wied. Beibl. 1893, 17, 829.

⁵⁾ Pogg. Ann. 1840, 50, 250.

⁶⁾ E. P. 9741 vom 25. 5. 1843.

⁷⁾ E. P. 1740 vom 10. 6. 1872.

die dem Ofen abgekehrte Seite der Elektroden wird von der Luft gekühlt.

Antimon-Zink-Legierung, die noch Wismuth enthalten kann, einerseits und Neusilber andererseits, dem noch Kobalt zugesetzt sein kann, benutzt auch S. Markus¹⁾. Beispielsweise wird (Fig. 15 u. 16) eine Art Dach zusammengesetzt aus 18 mm breiten, 180 mm langen und 2 mm dicken Streifen aus Neusilber mit 5 % Kobalt, die an beiden Seiten eines flachen Eisenstabes *ab* isoliert befestigt sind, und aus 155 mm langen und 25 mm dicken Streifen einer Legierung aus 12 T. Antimon, 5 T. Zink und 1 T. Wismuth. Der letzte dieser Streifen der einen Seite ist mit dem entsprechenden Neusilberstreifen

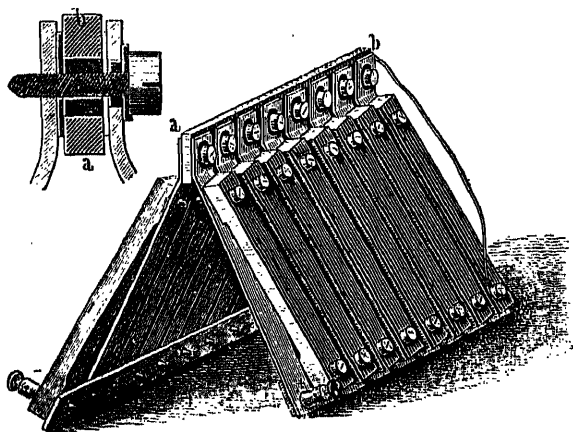


Fig. 15 u. 16.

der anderen Seite durch einen Kupferdraht verbunden. Die Klemmen sind vorn an den rechten Neusilberstreifen und den linken Antimon-Zink-Streifen angesetzt. Die EMK eines Elements ist höchstens 0,05 V., wenn die unteren Enden der Elemente, die auf zwei Kautschukschienen aufgeschraubt sind, in kaltes Wasser gestellt, die oberen, an der Eisenplatte befestigten erhitzt werden. Den inneren Widerstand einer Säule aus 20 Elementen fand J. Müller²⁾ zu 36 O, die Leistung einer aus 30 Elementen Wheatstone³⁾ gleich der von 2 Daniell-Elementen. 130 Elemente geben etwa 2,4 A. Die Säule, mit der auch Ladd⁴⁾ Versuche angestellt hat, ist wegen

¹⁾ Wien. Akad. Ber. 1865 [2] 51, 280; Pogg. Ann. 1865, 124, 629; Dingl. Pol. J. 1865, 176, 365; Lum. él. 1888, 28, 68.

²⁾ Physik, 7. Aufl., 1868, 2, 474.

³⁾ Mondes 8, 376.

⁴⁾ Mondes 10, 519.

der großen Sprödigkeit der Antimonlegierung und der leichten Oxydierbarkeit der Berührungsstellen beider Metalle sehr unpraktisch.

Eine ähnliche Säule hat Farmer¹⁾ 1868 zur Reduktion von Metallen konstruiert. Die Streifen aus 10 T. Kupfer, 6 T. Zink und 6 T. Nickel sind zur Abkühlung nach außen verlängert und verschraubt mit Streifen aus 12 T. Antimon, 5 T. Zink und 1 T. Wismuth. Die unteren Verbindungsstellen werden erhitzt, die oberen durch fließendes Wasser gekühlt.

Bei der 1871 von Noë²⁾ angegebenen Säule ist das positive Metall eine Legierung aus 62,5 Antimon und 37,5 Zink, das negative Neusilber oder eine analoge Legierung. Das positive schlechtleitende Metall ist von cylindrischer Gestalt, ziemlich dicht; das negative Metall besteht aus einem in eine Kugel endigendem Drahte, die in das Innere des Zylinders des positiven Metalls reicht. Ein Kupfermantel umgibt das äußere Ende des negativen Metalls in der Nähe des positiven und dient zur Zuleitung der ihm direkt durch einen Brenner mitgetheilten Wärme. Eine zwischen das Kupfer und das positive Metall gesetzte Platte aus Glimmer schützt die Antimonlegierung vor der unmittelbaren Einwirkung der Flamme. Die zwei Metalle des Elementes sind beiderseits an Kupferblättern befestigt, die dazu dienen, die Wärme auszustrahlen. Die Vereinigung des negativen Metalls mit dem Kupfer geschieht durch einen zurückgebogenen Draht, damit ungehinderte Ausdehnung möglich ist. Die Elemente sind Seite an Seite in gerader Linie in abwechselnd symmetrischer Anordnung derart gesetzt, daß zwei aufeinander folgende Enden bei demselben Kupferblatte zusammenlaufen. Die Kupferblätter je einer Seite sind auf eine Leiste von isolierendem Material befestigt. Die Säule ist mit einem Kommutator versehen, der drei Kombinationen der Elemente unter sich zuläßt. Die inneren Lötstellen werden durch eine Reihe von Bunsenbrennern erhitzt.

Bei einer verbesserten Form³⁾ werden die Lötstellen weiter von der Flamme entfernt und indirekt erwärmt. Die 27 mm langen und 7 mm dicken Antimonzinkstäbchen (Fig. 17 u. 18) liegen im Kreise auf einem Ringe aus Ebonit und sind mit kurzen Ansätzen *h*

¹⁾ Th. Du Moncel, Exposé des Applic. de l'Electr., 3. Aufl. Bd. I (1872), S. 417.

²⁾ Ztschr. Elektrot. 1888, 6, 357, Abb.; Pogg. Ann. 143, 113; 146, 617; Lum. él. 1888, 28, 69; Waltenhofen in Carl's Rep. 1871, 7, 1; Streintz in Carl's Rep. 13, 4.

³⁾ Ztschr. Elektrot. 1888, 6, 354, Abb.; Pogg. Ann. 143, 113; 146, 617.

versehen, die die Wärme zuführen und übergeschobene Hülsen aus Kupferblech oder nach Christiani¹⁾ besser aus Platinblech haben. Damit die Wärme auf die Heizstifte gleichmäßig verteilt wird, stehen sie in Berührung mit einem zentralen kreisförmigen Glimmerblatt *g*. Neusilberdrähte *n* verbinden, einzeln oder zu 6—8 in Bündeln vereinigt, je zwei Stübchen *m*. Um deren äußere Enden zu kühlen, ist an sie ein 10 cm langes und 4—5 cm breites spiralförmiges, mit Ruß überzogenes senkrechtes Kupferblech angelötet.

Eine ältere Säule aus 132 Elementen gab H. Kayser²⁾ bei einem stündlichen Gasverbrauche von 160—400 l $E = 2-8$ V., $Wi = 10.7-13.5$, nach einiger Zeit 11.3 O.; von Waltenhofen³⁾ 128 Elemente $E = 2$ D. Den maximalen Wirkungswert berechnet Kollert⁴⁾ zu 6%, während 0.2% gemessen wurden.

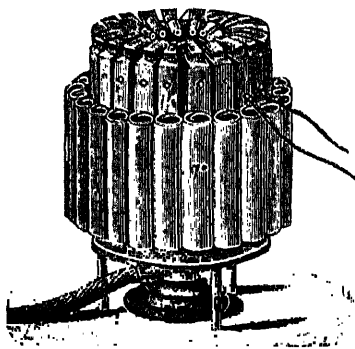


Fig. 17.

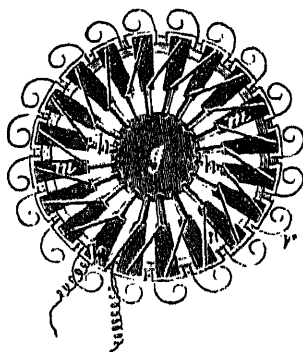


Fig. 18.

Ähnliche Gestalt besitzt die Abänderung von Rebižek⁵⁾. Der Querschnitt der positiven Elektrode ist quadratisch, damit der innere Widerstand kleiner wird. Das negative Metall hat nicht Draht-, sondern Blechform, besteht aus einer besonderen Legierung und ist eigentümlich gebogen, sodaß die Berührungsflächen an den erhitzten Stellen größer werden. Die Heizstifte bestehen aus Kupfer. Eine aus 50 Elementen zusammengesetzte Säule verbraucht stündlich 0.5 l cbm Gas und gibt $E = 4.3$ V., $Wi = 0.778$ O.

¹⁾ Pogg. Ann. Ergänzungsbd. 1878. 8, 579.

²⁾ Wied. Ann. 1885, 26, 9.

³⁾ Dingl. 1871, 200, 10.

⁴⁾ Wied. Beibl. 1893, 222; vgl. a. Elektrot. Ztschr. 1890, 11, 333.

⁵⁾ Ztschr. Elektrot. 1884, 2, 175; vgl. dazu H. Kayser, Wied. Ann. 1886,

Hauck¹⁾ sucht in seiner Abänderung die Beheizung besser auszunutzen, Zerstörung durch Überhitzen zu vermeiden, und will bei einem einzelnen Elemente E auf 0.1 V. erhöht, Wi auf 0.02 O. heruntergedrückt haben.

H. Mestern²⁾ gießt in ein kleines fingerhutähnliches eisernes Gefäß eine Legierung aus Kupfer und Nickel oder dergl. Auf das schwalbenschwanzförmig ausgebildete Ende dieser Elektrode wird die andere aus Antimon-Zink oder dergl. gegossen. Sie erhält ebenfalls einen Eisenmantel, der durch Asbest von ihr isoliert wird. Solche Fingerhüte werden in horizontaler Lage, mit den geschlossenen Enden nach innen, zu einem Hohlzylinder vereinigt, der um eine Heizvorrichtung angeordnet wird.

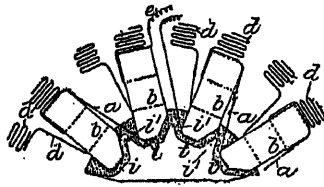


Fig. 19.

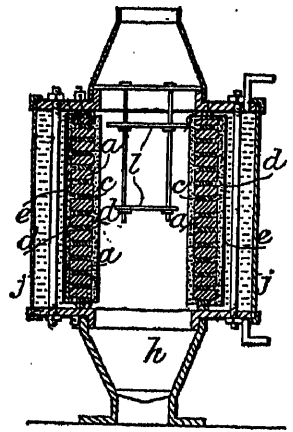


Fig. 20.

Auch Harry Barringer Cox³⁾ gießt zur Vermeidung der Oxydation die eine jener Legierungen *b* (Fig. 19) auf das geschlitzte Ende der anderen *a* auf. An der Elektrode *b* werden gut leitende Metallstreifen *d* befestigt. Sie reichen in den Wassermantel, der die aus Ringen mit Asbestzwischenlagen aufgebaute Säule umgibt. Die innere Bekleidung des Ringes, die aus verglastem Zement besteht, ist zur Vergrößerung der Heizfläche mit Rinnen *i* versehen. *e* ist der eine Pol. Noch mehr wird⁴⁾ die Widerstandsfähigkeit der aus

¹⁾ W. Ph. Hauck, Die galvanischen Batterien, Akkumulatoren und Thermosäulen, 3. Aufl., Wien 1890, S. 302.

²⁾ E. P. 2259 vom 14. 2. 1888, Abb.

³⁾ E. P. 12979 vom 19. 8. 1890; Am. P. 434427—434429 u. 434500.

⁴⁾ E. P. 7617 vom 17. 4. 1894; Am. P. 518542; D. P. 80016 vom 18. 4. 1894; El. N. Y. 1895, 19, 383.

den Teilen *a* (Fig. 20) unter Zwischenfügung der Isolationsblöcke *c* aufgebauten Säule erhöht, wenn man nicht nur innen und außen gänzlich in Zement, der später hart gebrannt wird, oder feuerfeste Masse einbettet, sondern auch nachher die ganze Säule oder vorzugsweise nur die äußere Mantelfläche und die Stirnseiten mit einer Metallhaut *e*, z. B. auf elektrolytischem Wege, bedeckt. Die eine Seite der Elemente wird durch den Wassermantel *j* kühl gehalten, die andere durch einen Ofen *h* erhitzt. Der Wärmegrad im inneren Hohlraum wird an den verschiedenen Stellen möglichst gleichmäßig gemacht durch Verteiler *l*, die von unten nach oben an Größe zunehmen. Die einzelnen Ringabschnitte *A*, *B*, *C*, *D*, *E* (Fig. 21)

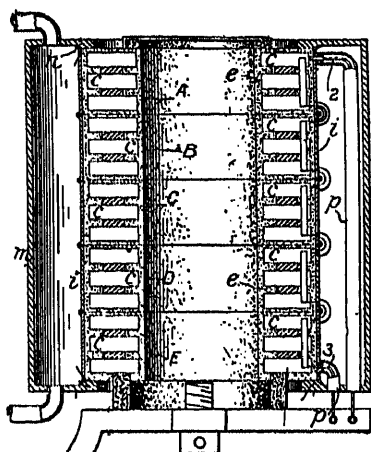


Fig. 21.

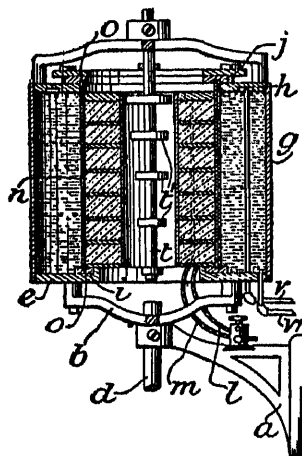


Fig. 22.

können¹⁾ auch ihrerseits aus mehreren übereinander gelegten Thermoelementen *e* bestehen, die in das plastische Material *c* (Ton, Zement) eingebettet und so verbunden sind, daß das hakenförmige Ende einer Elektrode in die darüber liegende entgegengesetzter Polarität eingreift. Die Ableitungsdrähte 2, 3 sind durch Röhren *p* geführt. Das Ende der Metallhaut *i* wird mit dem Boden und dem Deckel des Wassermantels *m* bei *n* verlötet²⁾. In diesem Falle läßt sich der wirksame Teil der Thermosäule nur unter Zerstörung des Dichtungsmittels auswechseln.

Deshalb wird bei einer späteren³⁾ in Gemeinschaft mit The Cox Thermo-Electric Co. ausgeführten Konstruktion die Dichtung

¹⁾ E. P. 5196 vom 12. 3. 1895; Am. P. 528 924.

²⁾ Vgl. a. Am. P. 535 488—535 491.

³⁾ D. P. 96 660 vom 10. 6. 1896; E. P. 12 650 vom 9. 6. 1896; Am. P. 529 710, 529 711 u. 546 417.

lediglich durch Druck bewirkt. Der wirksame Teil der Säule (Fig. 22) ruht frei auf einem ringförmigen Vorsprung des Gehäusebodens *e*, und das untere Ende *o* seiner Metallhaut *n* dringt in einen diesen Vorsprung umgebenden Dichtungsring *i*, während das obere Ende der Metallhaut durch das mittlere Loch der Gehäusedecke *h* nach außen ragt und in einen von oben an die Decke abnehmbar angepreßten Dichtungsring *j* hineinreicht. Außerdem sind die beiden von den Thermoelementen kommenden Enddrähte *l*, *m* innerhalb der Umhüllung *g* nach unten geführt und treten gemeinsam durch die mittlere Öffnung des Gehäusebodens *e* nach außen. Durch die Röhren *v*, *v'* wird Wasser zu- und abgeführt. Ein Stab *t* trägt nach oben größer werdende Prallplatten zur Verteilung der Wärme des Brenners *d*. Die Platte *e*, auf der das Gehäuse *g* befestigt ist, liegt auf Armen *b* eines Trägers *a*.

Für den Aufbau seiner Säule¹⁾, die praktisch ausgeführt worden ist²⁾, und von der das 1 P.S.-Modell Strom für 10 Lampen zu je 16 Kerzen für 5 Pfg. stündlich zu liefern im Stande sein soll³⁾, hat H. B. Cox ferner angegeben, daß man die Elektroden durch elektrische Schweißung vereinigen⁴⁾ und die Heizung durch einen Luftstrom bewerkstelligen⁵⁾ könne, der zwischen mehreren Säulen mit Hilfe eines durch einen Motor betriebenen Ventilators zirkuliert und an einer Stelle der feuerfesten Zirkulationsröhren in einem System kleinerer Röhren erhitzt wird.

Außer den gewöhnlichen Nickelkupferlegierungen ist auch das **Konstantan**, die manganhaltige Legierung, zur Herstellung von Thermoelementen mehrfach benutzt worden. Besonders Heinrich Rubens⁶⁾ hat es in Verbindung mit Eisen bei Untersuchungen über Wärmestrahlung anstelle der Melloni'schen Säule benutzt, da sich beide Materialien, unähnlich dem Antimon und Wismuth, gut bearbeiten und zu sehr dünnen Drähten ausziehen lassen, sodaß die Säule kleine Masse und infolgedessen niedrige Wärmekapazität besitzt. Die EMK ist noch verhältnismäßig hoch (53 Mikro-V. für

1) Über diese vgl. a. El. Rev. 1895, 26; 36, 612 u. 39, 240; El. Eng. 1897, 19, 263, 383, 817; L'Ecl. él. 4, 26; 1897, 12, 239; El. N. Y. 1897, 23, 598; El. World 1897, 29, 630.

2) Vgl. Centralbl. Accum. 1902, 3, 70.

3) El. Eng. N. Y.; The Electrician 1898, 40, 347.

4) E. P. 19461 vom 16. 10. 1895.

5) E. P. 17736 vom 18. 9. 1895, Abb.

6) Ztschr. Instrumentenk. 1898, 18, 65, Abb.; Ztschr. phys.-chem. Unterr. 1898, 11, 126.

1° C), wenn auch wesentlich niedriger als die von Antimon gegen Wismut (100 Mikro-V.).

Die Säule hat¹⁾ gewöhnlich 20 Elemente, gibt also 1000 Mikro-V. für 1° Temperaturunterschied der Lötstellen und wird folgendermaßen zusammengebaut. Auf einem in der Höhe verstellbaren Messingfuß ist ein dickwandiger Hohlzylinder aus Messing befestigt, der an drei diametralen Stellen schlitzartige Öffnungen enthält. Oben wird der Messingzylinder durch einen Metaldeckel verschlossen, der durch zwei Schrauben befestigt wird. An der unteren Seite des Deckels, also im Innern des Messingzylinders, ist ein rechteckiger Elfenbeinrahmen angebracht, der als Träger für die Thermolemente dient. Von diesen sind zwei Kupferdrähte durch den Deckel des Zylinders isoliert hindurchgeführt und endigen in zwei kupfernen Klemmschrauben. Der Messingzylinder ist von einem polierten und vernickelten Metallrohr umgeben, das mit geringer Reibung um den Zylinder als Röhre gedreht werden kann. Auch das Rohr besitzt zwei rechteckige Scheidewände. Diese entsprechen ihrer Größe nach denjenigen des Zylinders, sind jedoch nicht diametral angeordnet, sondern ihrer Lage nach um 90° gegeneinander verschoben. Das Mantelrohr bedeckt daher stets mindestens eine der beiden Öffnungen des Zylinders. Auf jeder der beiden vertikalen Längsseiten des Rahmens sind in je 2 mm Abstand 10 Messingstiftchen angebracht. Auf diesen Messingstiftchen sind die Drähte der einzelnen Thermolemente durch Auflöten befestigt, so daß sie eine ununterbrochene, zickzackförmige Stromleitung bilden. Sämtliche geradzahligten Lötstellen liegen auf der vertikalen Mittellinie des Rahmens, während die ungeradzahligten in 5 mm Entfernung davon teils auf der rechten, teils auf der linken Seite angeordnet sind.

Will man Konstantan mit Antimon zusammen verwenden, so trifft man auf den Mißstand, daß beide Metalle sich schwierig vereinigen lassen, da Weichlot zu niedrig, Hartlot zu hoch schmilzt und die spröde Antimonlegierung keinen hohen Druck aushält. Wegen der Verschiedenheit des Ausdehnungskoeffizienten beider Bestandteile würde die hohe Hitze in kurzer Zeit zwischen ihnen eine Schicht Oxyd bilden, die den Nutzeffekt der Säule ganz bedeutend herabsetzen würde. Diese Oxydlage bildet sich auch, wenn man die Antimonlegierung um den strengflüssigen Bestandteil herumgießt. Dagegen erhält man eine innige und zuverlässige Vereinigung der

¹⁾ H. Armagnat; L'Ecl. él. 1900, 24, 333.

beiden Elektroden nach Albrecht Heil¹⁾ auf folgende Weise: Man erhitzt das Konstantan bis etwa zum Schmelzpunkte der Antimonlegierung und reibt diese stark, gleichförmig und vollständig über die Kontaktfläche, wobei etwa vorhandenes Oxyd reduziert wird. Man erhitzt dann wieder eben so hoch wie vorher und preßt gegen die Antimonelektrode, wobei sich der geschmolzene dünne Überzug mit der gleichartigen zweiten Elektrode leicht vereinigt und eine Oxydhaut, die sich etwa auf dieser gebildet hat, herausgepreßt wird. Die Antimonelektrode kann dabei zur Erleichterung der Vereinigung heiß sein, oder kann auch um das überzogene Konstantan herumgegossen werden.

Sehr leicht läßt sich, wie ebenfalls Albrecht Heil²⁾ gefunden hat, eine Silbermanganlegierung mit Konstantan hart verlöten. Außerdem zeichnet sie sich vor einer Antimonlegierung aus durch Geschmeidigkeit und mechanische Festigkeit, größere Leitfähigkeit (6% der des Silbers) und einen weit höheren Schmelzpunkt (über 1000° gegen etwa 500° C). Mit der negativen Elektrode Konstantan entwickelt Silbermangan, ohne zu schmelzen, eine Spannung bis zu 75 Millivolt, während Eisen nur 39, Messing 39, Silber 39,5, Gold 39,6, Cer 39,8, Kupfer 40, Zirkon 42 und das zerbrechliche Antimon, an der Berührungsstelle auf seinen Schmelzpunkt erhitzt, 52 Millivolt ergeben. Wegen der guten Leitfähigkeit der Legierung, die vorteilhaft aus 75 T. Silber und 25 T. Mangan besteht, gehen die mit ihr und Konstantan hergestellten Elemente beim Anheizen fast augenblicklich Strom ab und erfordern für die gleiche Stromstärke nur etwa den zehnten Teil des Querschnitts eines Antimonelements. Außerdem ist das Silbermangan-Konstantan-Element leicht und gegen Überheizung wenig empfindlich.

Der **Nickelmanganstahl** 1414 B der Hadfield Steel Foundry Co., Sheffield, der bei 15° einen Widerstand von 97,5 Mikro-O. auf 1 ccm hat, zeichnet sich nach W. F. Barret³⁾ durch die große Konstanz des aus ihm und reinem Handelseisen zusammengesetzte Thermoelements innerhalb weiter Temperaturgrenzen aus. Die EMK beträgt zwischen 300° und 1000° 4000 Mikro-V.,

¹⁾ Am. P. 781338 vom 31. 10. 1904; übertragen auf A. Wolf jr. & Co. Auf letztere Firma geht auch das D. P. 160305 vom 28. 11. 1903 und das E. P. 24178 vom 8. 11. 1904.

²⁾ D. P. 158099 vom 3. 3. 1904.

³⁾ Roy. Soc. Dublin; The Eng. 1899, 87, 337; The El. Rev. London 1899, 44, 905; Elektrot. Ztschr. 1899, 20, 407; L'Ind. él. 1899, 182, 205. Vgl. a. Phil. Mag. März 1900; Centralbl. Accum. 1900, 1, 129.

sodaß man also mit 250 Elementen, deren kalte Lötstellen auf 0° gehalten werden, genau 1 V. erhält.

8. Elektroden aus Platin.

Thermoelemente aus Platin in Verbindung mit Platinlegierungen oder Kohle finden ausschließlich für Temperaturmessungen Anwendung¹⁾.

9. Elektroden aus Silicium.

Ein Thermoelement aus dem hoch feuerfesten Silicium, das vorteilhaft in die gewünschte Gestalt gegossen ist, und aus Kupfer, Nickel oder ähnlichem Metall gibt nach General Electric Company of Schenectady²⁾ bei 600° eine EMK von 0,25 V. Das Nickel wird um das eine Ende des Siliciumstabes gegossen oder in Form von Draht darum gewickelt.

10. Elektroden aus Tellur.

Elektroden aus Tellur, die E. Becquerel³⁾ mit Neusilber-Elektroden zusammengebaut hat, sind teuer und nicht haltbar.

11. Elektroden aus Wismuth.

Eine Reihe von Wismuth- und Antimonstäbchen löten Nobili und Melloni⁴⁾ zickzackförmig so zusammen, daß die Lötstellen abwechselnd auf beiden Seiten liegen, füllen die Räume zwischen den parallelen Stäben mit Isolierstoff und umgeben die würfelförmige Säule, die hauptsächlich zu Messungen über Wärmestrahlung diente, mit einer Messingfassung. Das Antimon ersetzt Gaugain durch Kupfer, Morreu (1855) durch verzinntes Eisenblech⁵⁾.

Die Kombination einer Legierung aus 1 T. Wismuth und 1 T. Antimon mit Kupfer gab E. Becquerel⁶⁾ eine drei- bis zehnmal größere EMK als Wismuth-Kupfer; die einer Legierung aus 10 T. Wismuth und 1 T. Antimon mit Kupfer zeigte $E = 0,0062$ D. bei 100° Temperaturdifferenz. Legierungen aus 10 T. Wismuth und 1 T. Antimon einerseits, 806 T. Antimon, 696 T. Cadmium und 150 T. Wismuth andererseits geben⁷⁾ Thermoelemente, deren EMK

¹⁾ Siehe unter Anwendungen.

²⁾ E. P. 17181 vom 24. 8. 1906.

³⁾ Compt. rend. 1866, **61**, 146.

⁴⁾ Pogg. Ann. 1830, **36**, 526.

⁵⁾ S. a. Seite 24.

⁶⁾ Ann. Chim. Phys. 1866 [4] **8**, 408.

⁷⁾ Ann. Chim. Phys. 1866 [4] **8**, 482.

6—8 mal größer als die der Wismuth - Antimon - Elemente ist. Clamond¹⁾ baut aus Prismen von Wismuth- und von Antimon-Legierung, die durch Streifen aus Eisenblech verbunden sind, eine Säule in der Form der Noë'schen auf.

Schon Wilhelm Rollmann²⁾ hat ein Thermoelement aus 32 T. Wismuth und 1 T. Antimon einerseits, $14\frac{1}{7}$ T. Wismuth und 1 T. Zinn andererseits vorgeschlagen, weil die erstere Legierung negativer als Wismuth, die zweite positiver als Antimon ist, und beide sich gut gießen und leicht schneiden lassen. Ein Element mit einer EMK von 0,00012 V. auf 1° C erhält man nach C. C. Hutchins³⁾ aus Wismuth mit 2—5% Antimon als einer und mit 5—10% Zinn als anderer Elektrode. Die Thermo-EMK der Zinn-Antimon- und der Cadmium-Wismuth-Legierungen sind geringer.

12. Elektroden aus Zink.

Eine Batterie von Clamond und Sundré⁴⁾ aus 3000 Zink-Antimonwürfeln, die durch biegsame Zinnplatten verbunden sind, zeigt $E = 218$ V., $W_i = 31$ O. A. Rust⁵⁾ stellt die Verbindung zwischen der äußeren Fläche eines Blocks und der inneren des nächsten in einer ähnlichen Säule durch Eisendrahtnetz her.

Aus Zink- und Messingscheiben, die durch dünne Glasplatten getrennt waren, stellte Buff eine 4 cm hohe Säule zusammen, die ihm zu Versuchen über die Leitfähigkeit des erhitzten Glases diente. Die erste und die letzte Platte wurden durch einen Platindraht verbunden.

c) Thermoelemente aus anderen Stoffen.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt worden ist, zeigt eine große Zahl von Metallverbindungen ein beachtenswertes thermoelektrisches Verhalten. Namentlich die stark elektronegativen Sulfide haben schon früh die Aufmerksamkeit als Materialien zur Herstellung von Thermosäulen auf sich gelenkt. Aber erst in den letzten Jahren scheint es einigermaßen gelungen zu sein, der Mängel, die sich ihrer praktischen Anwendung entgegenstellten, Meister zu werden. Ebenso sind neuerdings die Bestrebungen wieder aufgenommen worden, Kohle als Elektrodenmaterial nutzbar zu machen.

¹⁾ Mondes 1880, 51, 351.

²⁾ Dingl. Pol. J. 1856, 139, 422.

³⁾ Am. J. Science (Sill.) 1894, 48, 226; L'Ecl. él. 1894, 1, 328.

⁴⁾ Nature 1879, 20, 301.

⁵⁾ E. P. 5092 vom 12. 4. 1886, Abb.

1. Elektroden aus Schwefelkupfer.

R. Bunsen¹⁾ hat gefunden, daß in der thermoelektrischen Spannungsreihe Pyrolusit über dem Wismuth, und natürlicher Kupferkies, der aber nicht geschmolzen werden darf, noch weit über dem Pyrolusit steht. Letzterer zersetzt sich beim Erhitzen nicht und gibt mit Platin, das in Form von Draht um die Enden von 5 cm langen und 6 mm dicken Zylindern gewickelt ist, 0,1 V. Aber der innere Widerstand eines solchen Elements ist 18 mal größer als der eines Daniell'schen. Nur 0,72 von dem des letzteren hat ein Element aus 70 mm langen, 40 mm breiten und 7 mm dicken Kupferkiesplatten, in die nahe den Enden in 35 mm Entfernung von einander Kupferkeile von 9 mm mittlerem Durchmesser, die mit platinirtem Platin bedeckt sein können, eingelassen sind. Erhitzt man den oberen Keil durch einen Bunsenbrenner auf etwa den Schmelzpunkt des Zinks und taucht den unteren in kaltes Wasser, so erhält man 0,1 V. und einen 10 mal stärkeren Strom, als wenn ein Element Wismuth-Antimon auf 0 und 100° erhitzt wird. Die Kupferkiesplatten sind aber, abgesehen von ihrer schlechten elektrischen Leitfähigkeit, schwierig herzustellen und nur unvollkommen mit dem Kupfer in Kontakt zu halten, auch wenn man dieses mit Platin überzieht. Deshalb führten weder die Versuche Bunsen's noch die Stefan's²⁾, aus Kupfer und Eisenkies Thermosäulen herzustellen, zu einer praktisch brauchbaren Konstruktion.

Künstliches Schwefelkupfer³⁾ verwendet Ed. Becquerel⁴⁾. Er bringt in Schwefeldampf Kupferstreifen, die auf Dunkelrotglut erhitzt sind, kühlt in Wasser ab, löst das Schwefelkupfer ab, schmilzt es, wobei die Temperatur (etwa 1030°) durch eine kleine Menge Schwefelantimon herabgesetzt werden kann, und gießt in 8 cm lange Stangen von 2 qcm Querschnitt. Sie werden vor Zersetzung in der Wärme durch Umhüllung ihrer Enden mit Neusilber geschützt. Erhitzt man in Kombination mit Neusilber auf 360°, so erhält man etwa 0,14 V. Bei 450° ist die EMK etwa doppelt so groß, nimmt aber bei höherer Temperatur wieder ab, und zwar um so schneller, je mehr man sich dem Schmelzpunkte der Materialien nähert. Der

¹⁾ Pogg. Ann. 1861, 123, 505; Dingl. Pol. J. 175, 28; Weeks Gewerbeztg. 1865, 202.

²⁾ Sitzungsber. k. Akad. Wissensch. Wien 1865, 51, 260; Pogg. Ann. 1865, 124, 633.

³⁾ Auch Ruhmkorff kombinierte Kupfersulfür mit Kupfer.

⁴⁾ Ann. Chim. Phys. 1827 [2], 34, 157; 1866 [4] 8, 419; Compt. rend. 1865, 61, 146.

innere Widerstand ist wegen der schlechten Leitfähigkeit des Schwefelkupfers sehr groß.

Auch Gülcher¹⁾ hat Thermosäulen aufgebaut, deren Elemente aus Nickelröhrchen und aus Schwefelkupfer mit geheim gehaltenen Zusätzen bestanden. Die durch Asbestpappe isolierten Schwefelkupferplatten sind mit den Nickelröhrchen durch oben von diesen ausgehende Nickeldrähte verbunden. Das unten in die Röhrchen einströmende Leuchtgas wird an deren oberem Ende angezündet, und die Verbrennungsprodukte entweichen durch Öffnungen in dem Schwefelkupfer. Damit dieses von den Feuergasen nicht zerstört wird, sitzen auf den Öffnungen Glimmerzylinder, die in sie hineinreichen und an den hervorstehenden Enden über der Säule mit Asbestpappe umgeben sind. Da sich die Wirksamkeit steigert, wenn die in den Nickelröhrchen und Schwefelkupferplatten entstehende Wärme abgekühlt wird (Steigerung des Temperaturgefälles), so gehen von letzteren Bleche aus, während die Röhrchen durch das eintretende kalte Gas gekühlt werden. An den Handhaben angebrachte Federn gestatten die Ausdehnung und Zusammenziehung der Kombination. Von dem letzten Nickelröhrchen wird die negative und von der letzten Schwefelkupferplatte die positive Elektrizität abgeleitet.

Arbeitet man nach dem Vorschlag von E. Becquerel, so erhält man Elektroden, deren elektrischer Widerstand wegen der Durchsetzung der faserigen Masse mit Blasen zu groß ist. Kleiner wird der innere Widerstand der Säule, wenn man folgendes Verfahren von Eugene Hermite und Charles Friend Cooper²⁾ anwendet. Die für die Elementenpaare geeigneten gegossenen Barren werden in einem Schmelztiegel oder Ofen auf Rotglut erhitzt, ungefähr $\frac{1}{2}$ Std. lang der Wirkung von Schwefeldämpfen ausgesetzt, vor dem vollständigen Verschwinden der blauen Flamme aus dem Ofen herausgenommen und der Abkühlung überlassen. Das so behandelte Schwefelkupferstück wird nochmals in einen dichtschießenden Ofen gebracht und während mehrerer Stunden unter Luftabschluß auf helle Rotglut erhitzt, indem man in den Ofen gleichzeitig Barren oder Bleche von Rotkupfer einsetzt, welche die aus dem Stück entweichenden Schwefeldämpfe absorbieren, oder in einer Atmosphäre von inertem Gas arbeitet. Nach dem Abkühlen

¹⁾ J. Gasbel. 35, 519, Abb.; s. a. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1892, 51, 27; El. Rev. 30, 8; Polyt. Centralbl. 5, 42. Über die Konstruktion vgl. a. Seite 27 ff.

²⁾ D. P. 132476 vom 3. 2. 1901; E. P. 2836 vom 9. 2. 1901.

weisen die Elektroden neben beträchtlich verringertem Widerstand eine durchaus gleichmäßige EMK von 0,2—0,3 V. auf. Das Schwefelkupfer erhält durch Zufügung einer bestimmten Menge von Schwefel-eisen (z. B. 1—5 %) im Augenblicke des Schmelzens eine größere Widerstandsfähigkeit gegen oxydierende Einflüsse während des Erhitzens.

Eine nur unwesentlich veränderte Vorschrift ist folgende der Compagnie Thermo-Électrique (Système Hermite)¹⁾. Man läßt Schwefel oder Schwefelwasserstoff oder eine geeignete Schwefelverbindung auf rotglühendes Kupfer einwirken und dieses in dem Dampfe des Schwefels oder der Schwefelverbindung abkühlen. Das so erhaltene blaue Produkt, das Schwefel gelöst hat, wird geschmolzen und, wenn es vollkommen flüssig ist, mit Kupfer in kleinen Anteilen versetzt, bis das mit Gasentwicklung verbundene Aufwallen aufhört. Man erhitzt dann noch etwa eine halbe Stunde, läßt abkühlen und befreit von dem am Tiegelboden liegenden Kupferregulus.

Ein näheres Eingehen auf die Gestaltgebung der Elektroden findet man in einem anderen Patente²⁾ von Eugene Hermite und Charles Friend Cooper. Man hängt an einem eisernen starken Haken oben mit einem Loch versehene Kupferstäbe, die die spätere Gestalt der Thermoelemente haben, auf und wirft, wenn sie die Temperatur des Tiegels angenommen haben, in diesen Schwefel von etwa demselben Gewichte wie das des Kupfers. Ist die um die Stäbe leckende Flamme verschwunden, so läßt man unter Luftabschluß abkühlen, führt dann unter dem Loch um den Stab einen kreisförmigen Schnitt, zieht aus der Kupfersulfürröhre den dünnen Kupferkern, der nicht geschwefelt worden ist, heraus und poliert schließlich die Röhre durch leichtes Reiben mit Schmirgelpapier. Der Schwefel kann durch irgend eine Verbindung, die Schwefelkupfer zu bilden vermag, ersetzt werden. Kupferbleche geben nicht so gute Resultate wie Stäbe, und quadratische oder regulär-polygonale Stäbe andere wie runde. — Einen guten Kontakt erzielt man durch selbsttätige Lötung. Diese beruht darauf, daß Messing durch Schwefeldämpfe bei Rotglut nicht verändert wird. Man windet um einen Messingstab oder -draht einen Kupferdraht, legt diesen Compounddraht lose um die Enden eines Kupferstabes und schwefelt wie vorher beschrieben. Das Sulfür vom Stabe und das vom Draht

¹⁾ E. P. 11300 vom 30. 5. 1905.

²⁾ E. P. 2835 vom 9. 2. 1901; D. P. 133903 vom 1. 1. 1901.

fließen dann zusammen und hüllen den Messingdraht ein. Man kann auch den Compounddraht um eine fertige Kupfersulfür- röhre wickeln und nochmals schwefeln. Will man einen vollen Kupfersulfürstab herstellen, so wickelt man den Messingdraht direkt um den Kupferstab herum und schwefelt dann. Der Kontakt ist aber weniger fest als der auf die vorige Art erhaltene, der so oft wie erforderlich erhitzt und abgekühlt werden kann, ohne daß er leidet, oder das Metall oxydiert wird. Von den anderen Methoden der Selbstlötung sei noch folgende angeführt: Um den Kupferstab wird in genügender Länge, wie eine Kappe, ein weitmaschiges Messingdrahtnetz oder ein Netz aus Messing- und Kupferdrähten gewunden und über dieses ein Kupferdraht so gewickelt, daß seine Windungen sich nicht berühren. Die Umwicklung wird durch mehrere von Kupferdraht bedeckte Windungen von Messingdraht vollendet. Dann

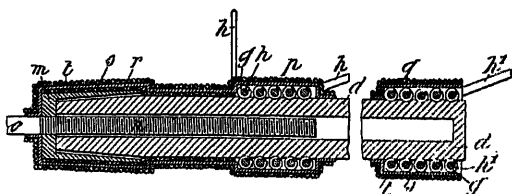


Fig. 23.

wird das Ganze geschwefelt. Ebenso geeignet, aber teurer als Messing, sind Neusilber und Platin. Silicium- und Chromeisen oder -stahl werden ebenso leicht wie Kupfer geschwefelt, wirken aber in der Hitze chemisch etwas auf Kupfersulfür und haben einen viel höheren Widerstand als Messing.

Um die so erhaltenen Thermoelemente widerstandsfähig genug für industriellen Gebrauch zu machen und das Kupfersulfür vor Zerstörung durch direkte Hitze zu schützen, müssen sie auf besondere Art eingebaut werden. Die in Fig. 23 dargestellte Kupfersulfür- röhre hat die beiden Kupfersulfür- Messingpole pp und nimmt den mit Schraubengewinde versehenen Stahlstab n auf, der an der innen mit Messing ausgeschlagenen eisernen Gabel m sitzt, und die Wärme in der Kupfersulfür- röhre zu der Stelle leiten soll, die in Kontakt mit dem Messing ist. Das Schraubengewinde erleichtert die Ausstrahlung der Wärme, die dem Stab am Ende o zugeführt wird. Um die Gabel m ist ein Messingdraht p gewunden, der weiter um die Sulfür- röhre bis zu der Lötung p geht. Darum wird Papier s , Asbest, Glimmer o. ä.

gelegt und schließlich in sehr dichten Windungen darüber ein Stahl- oder Eisendraht t gewickelt, um das Ganze zu schützen. Ebenso wird die kalte Lötstelle q mit Asbest s und dem Eisendraht t umgeben. Die Enden des Drahtes h werden vereinigt und bilden den heißen Pol, der Draht h' den kalten. Man kann auch (Fig. 24) die Lötung p mit der Eisengabel m umgeben. Von deren Stahlstab n reicht das eine Ende in der Sulfür- röhre so weit wie die heiße Löt- stelle, während das andere o im Ofen liegt. Die Gabel wird mit Asbest s bedeckt und durch die Stahldrahtwindungen t gehalten.

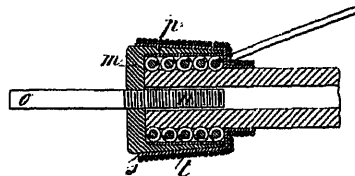


Fig. 24.

Für Schwefelkupfer - Thermosäulen geeignete Stücke mit gleichem Widerstande, der beim Betriebe unverändert bleibt, zu erhalten, ist sehr schwierig. Ferner lockern sich die Kon- takte am Schwefelkupfer infolge der fortwährenden Ausdehnungen

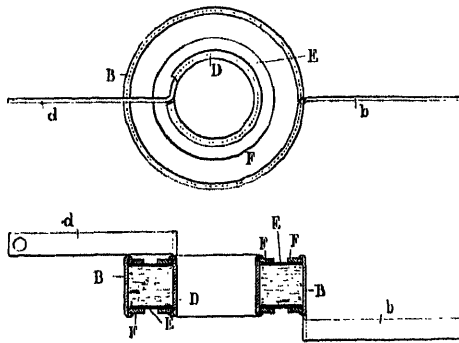


Fig. 25 u. 26.

und Zusammenziehungen. Schließlich werden die Elemente, wenn man sie nicht sorgsam schützt, mehr oder weniger schnell durch das Erhitzen bei Luftzutritt zerstört. Diese Mißstände will die Compagnie Thermo - Électrique (Système Hermite) Soc. an.¹⁾ vermeiden. Preßt man das Schwefelkupfer stark zusammen, so erhält man selbst aus Pulvern von verschiedenem Widerstande Elektroden von sehr gleichmäßigem Widerstande. Zur Herstellung zylindrischer Schwefelkupferelemente (Fig. 25 u. 26) setzt man in eine

¹⁾ E. P. 11301 vom 30. 5. 1905; Priorität vom 3. 5. 1905; E. P. 339137 vom 30. 10. 1903 und Zusatz 4233 vom 18. 5. 1904 für Hermite und Cooper.

Stahlform einen Zylinder B aus Kupfer oder aus einem anderen Metall oder aus einer Legierung, die in Berührung mit Schwefelkupfer genügend elektrische Energie geben kann, und darin konzentrisch einen zweiten ebensolchen Zylinder D , der auf einen Stahldorn aufgezogen ist. In dem Raum zwischen B und D wird gepulvertes Schwefelkupfer durch eine hydraulische Presse mit einem Druck von 2000 kg/qcm zusammengedrückt, so daß Zylinder von größerer Länge als der Dicke der Elemente entsteht. Da-



Fig. 27.

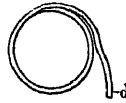


Fig. 28.



Fig. 29.

nach legt man auf jede Fläche des Schwefelkupferferrings einen ebenso großen Glimmerring E und auf diesen zwei Ringe I' aus Stahl, Kupfer oder Messing, über welche die inneren und äußeren Zylinder so genietet werden, daß der Glimmer festgehalten und jeder Zutritt von Luft verhütet wird. Vor dem Nieten macht man einen Längssägeschnitt G (Fig. 27 u. 28) in den vorspringenden Teil des Zylinders, dann nicht ganz bis an ihn einen zweiten H und wickelt

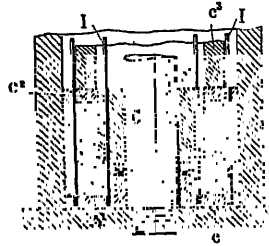


Fig. 30.

schließlich die beiden so erhaltenen Bänder d und b ab. Man erhält so Leiter, die mit den Zylinderhüllen aus einem Stück bestehen. Die Zylinder können auch aus Drahtnetz, dessen Kette verschieden von dem Einschlag sein kann, hergestellt werden. Eine Art Kamm aus Metalldrähten (Fig. 29) kann man ebenfalls benutzen. Die Metallhüllen der Elemente können auch durch zwei kreisförmige Reihen von Stäben

gebildet werden. Sie werden während des Pressens durch eine Anordnung wie in Fig. 30 gehalten. Auf den Boden der Matrize A wird um den Dorn C ein Sockel c gelegt als Träger für die Metallstäbe I . An ihm ist durch Dübel ein Mantel c' befestigt, der Löcher für den Durchtritt der inneren Stabreihe I hat und zusammen mit dem Stück c die Dicke des Schwefelkupferferrings bestimmt. Auf das Schwefelkupfer wird eine Scheibe c'' mit Löchern für die äußere Stabreihe I gelegt und dann durch den Stempel c''' zusammengepreßt. Will man übereinander liegende Ringe von Schwefelkupfer herstellen, so nimmt man für jeden

neuen Ring einen mittleren Mantel ähnlich c^1 , dessen äußerer Durchmesser gleich dem innern des Ringes ist, während seine Höhe der Dicke des zusammengepreßten Ringes entspricht. Die Ringe sind auch durch Dübel mit dem zusammenhängenden und dem Deckmantel c^1 verbunden. Will man eine größere oder kleinere EMK erzielen,

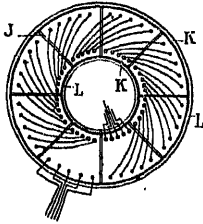


Fig. 31.

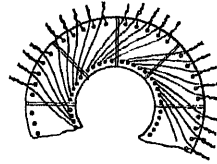


Fig. 32.

so teilt man die Schwefelkupferringe in mehr oder weniger große Sektoren (Fig. 31 u. 32). Diese werden durch feuerbeständige Platten J von einander isoliert. Auch zwischen die Verbindungsdrähte und die Sulfidfläche wird ein Glimmerring gelegt. Eben solche

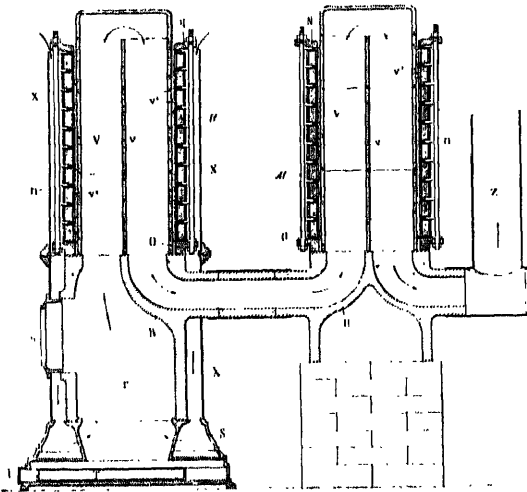


Fig. 33.

L isolieren das Schwefelkupfer von den inneren und äußeren Metallbändern K , welche die Sektoren zusammenhalten. Zu deren Herstellung kann man dieselbe Form wie für die Ringe gebrauchen. Man legt nur in den Raum zwischen Matrize A und Dorn C Stahlsektoren, die durch Stahlplatten getrennt werden, deren Dicke derjenigen der Glimmerplatten J entspricht. Um einen Schwefelkupfer-

Sektor zu erhalten, nimmt man je nach der gewünschten GröÙe einen oder mehrere Stahlsektoren heraus und preÙt dann in dieser Raum Schwefelkupfer.

So hergestellte und in Sektoren geteilte Ringe *M* (Fig. 33—35 werden¹⁾ zwischen zwei guÙeiserne Kränze *N* und *O* gepackt, die durch Bindebolzen *n* zusammengezogen werden. Die Ringe *M* sind von einander durch Scheiben *P* aus Pergamentpapier und eine Glimmerplatte *Q* isoliert. Die Kupferpole *J* der Elemente können hintereinander oder parallel geschaltet werden. Die Säule ruht mit dem Kranze *Q* auf einem Ofen aus feuerfestem Ton *R*, der einer Rück-Fuchs hat und auf einer Grundlage *S* aus GuÙeisen oder feuerfestem Ton steht. Die Verbrennungskammer *r* und die Aschengrube *T* sind durch Türen bei *s* und *t* geschlossen. Der Ofen *I*

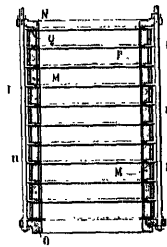


Fig. 34.

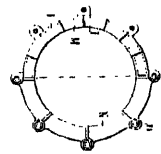


Fig. 35.

ist mit einem Heißgas-Verteiler *U* verbunden, der gleichfalls eine Thermosäule trägt. Zentrisch zu jedem Generator ist eine Kammer *V* aus GuÙeisen oder feuerfestem Ton angebracht, die bis zu einer gewissen Höhe durch eine Scheidewand *v* geteilt ist. Zwischen Kammer und Sulfdringen bleibt ein Raum *v*¹, der mit gepulverter Holzkohle oder Ruß, die sorgfältig getrocknet und gereinigt sind, gefüllt wird. Ein Eisenblechmantel *X* umgibt in einiger Entfernung den Ofen und die Thermosäule. Durch den Zwischenraum streicht die kalte Verbrennungsluft in Richtung der Pfeile nach dem für die Verbrennungsgase eingerichteten Schornstein *Z*. Die Holzkohle überträgt die Hitze auf die Thermolemente, ohne daß das Kupfer oxydiert wird und stellt einen Puffer zum Ausgleich der Ausdehnung dar. Die Thermosäulen können außer der senkrechten jede andere gewünschte Lage haben.

Auch John A. Lyons und Edward Broadwell²⁾ verwenden bei ihrer Thermosäule (Fig. 36) Schwefelkupfer für die negativen Elek-

¹⁾ E. P. 11301 A vom 30. 5. 1905; Priorität vom 3. 5. 1905.

²⁾ Am. P. 775187 vom 9. 12. 1903.

troden d , d^1 , d^2 usw., die zur Erhöhung der Leitfähigkeit mit etwa 18% metallischen Antimons legiert werden. Die positiven Elektroden c , c^1 , c^2 usw. bestehen vorzugsweise aus fein verteiltem Kupfer, von dem jedes Teilchen elektrolytisch mit Wismuth überzogen ist. Ganz allgemein ist aber die Erfindung dadurch charakterisiert, daß die Elektroden aus wärmereflektierenden Stoffen in Verbindung mit einem durchlässigen Material zusammengesetzt werden, oder aus einer dieser Substanzen allein bestehen. Dieses Prinzip wird vorzugsweise in folgender Konstruktion verwirklicht: Die wärmereflektierenden Körper bestehen besonders aus Elektrizität erzeugendem und leitendem Metall b , b^1 , b^2 usw. und können in annähernd konzentrischen Ringen angeordnet werden. Die nach innen gerichteten Flächen dieser Reihen von Körpern b , b^1 , b^2 usw.

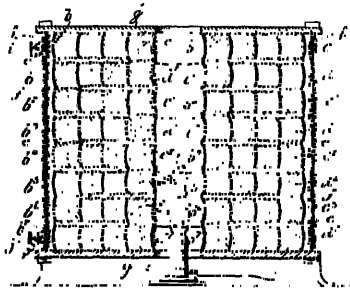


Fig. 36.

sind quer konkav und hoch poliert, während die nach außen zeigenden konvex gelassen oder eben oder winklig gemacht und in ihren diathermischen und wärmeabsorbierenden Eigenschaften durch Anstreichen mit Ruß o. ä. unterstützt werden. Es ist bekannt, daß, wenn eine Substanz, z. B. durch Pulvern und nachheriges loses Pressen, durchlässig gemacht wird, sie noch ein Viertel bis die Hälfte der elektrischen Leitfähigkeit der Substanz in kompaktem Zustand besitzt, während gleichzeitig ihr Widerstand gegen Wärmeleitung zehn bis dreihundert Mal vergrößert wird. Unter Benutzung dieser Tatsache werden die Räume zwischen den konzentrischen Ringen der wärmereflektierenden Körper in abwechselnden Lagen c , c^1 , c^2 usw. und d , d^1 , d^2 usw. mit solchen negativen und positiven durchlässigen elektrisch leitenden und Wärme schlecht leitenden Stoffen gefüllt, die bei der Umwandlung von Wärme in Elektrizität eine Potentialdifferenz geben. Man kann entweder die gepulverte Substanz lose in die Zwischenräume pressen oder aus ihr zunächst hydraulisch feste Ringe oder Teile davon unter Beimischung

eines Pulvers, z. B. Salmiak, pressen und dieses dann durch Auslaugen oder Erhitzen entfernen. Die Ringe b , b^1 , b^2 bestehen aus demselben Material wie die Elektroden, sind mit Wismuth überzogen und haben außen eine fast unwägbare Lage Platin- oder Iridiumschwarz. Zwischen den wärmerespektierenden und den durchlässigen Lagen sind Streifen c aus isolierendem und hitzebeständigem Stoffe (z. B. Asbest) horizontal so angeordnet, daß abwechselnde Enden der Elemente (bei f) in Kontakt bleiben. Ringe g aus Glas, Porzellan o. ä., die vorspringen, werden oben und unten dicht zusammen gezogen. Wirksamer Kontakt zwischen den benachbarten positiven und negativen Elektroden wird z. B. durch Spiralfedern h von genügender Stärke und Länge gesichert.

2. Elektroden aus Schwefelblei.

Zu ziemlich großer technischer Vollkommenheit brachten Louis Mure und Charles Clamond¹⁾ ihre Säulen aus Bleiglanz und Eisenblech. Man schmilzt Bleiglanz unter Zusatz von Kuprosulfid und gießt in Formen, in die die Eisenblechstreifen eingelegt sind. So werden 40 mm lange und 8 mm breite Bleiglanzplatten mit 55 mm langen, 8 mm breiten und 0,6 mm dicken Eisenblechen verbunden. Je 12 Elemente vereinigt man unter Zwischenlage von Glimmer zu einem Ringe. Mehrere aufeinander gelegte und durch Asbest oder mit Wasserglas getränkter Pappe isolierte Ringe bilden eine Säule, die durch Eisenringe und Bolzen zusammengehalten und von innen geheizt wird. Geschieht dies durch Gas, so wird in einem inneren Zylinder, der sich über der Säule in einen Schornstein fortsetzt, Luft eingesaugt, die innerhalb der Säule aus Löchern des feuerbeständigen Teils des Zylinders in das Gas eintritt. Will man mit Petroleum heizen, so wird dieses unvollständig verbrannt. Die großen Säulen für Koksheizung haben in dem mittleren Hohlraume einen zylindrischen Rost, auf dem Koks herabrutscht, der auf einem unteren Rost verbrannt wird. Eine Säule aus 60 Elementen, die bei 78 qcm Heizfläche stündlich 78,5 l Gas verbraucht, gibt rund 3 V. Bei 800 l stündlichem Gasverbrauch leistet eine Säule aus 150 großen Elementen soviel wie 5 Bunsen-Elemente, eine aus 560 kleinen soviel wie 60 Daniell-Elemente. Eine kleine Säule aus 72 Elementen verbraucht 60 g Petroleum, eine aus 150 Elementen 1 kg Koks in der Stunde.

¹⁾ E. P. 3060 vom 7. 10. 1868, Abb.; Compt. rend. 1869, 68, 1255; Mondes 20, 191; 21, 207; 22, 752; Dingl. Pol. J. 1873, 207, 125; Dtsche. Ind.-Ztg. 1869, 285.

Bei anderen Ausführungsformen seiner Säule, die u. a. auch für die Felderregung elektromagnetischer Maschinen vorgeschlagen worden ist¹⁾, hat Charles Clamond das Eisen durch eine Antimon-Zink-Legierung ersetzt. Aus dieser werden²⁾ Stäbe gegossen, die man langsam mit der Form abkühlen läßt und dann radial zu einem Zylinder zusammenbaut. In diesem steht ein durchlöcherteres feuerfestes Rohr mit innerer Heizquelle. Jeder Stab hat stromsammelnde Platten. Diese werden an die kalten Stabenden flach angelötet, an die heißen durch Vermittlung eines Metallringes, der vor dem Guß in die Form gelegt wird.

Um die nötige Temperaturdifferenz ohne zu große Entfernung der Polplatten von einander zu erreichen, gießt man³⁾ das Elektrodenmaterial in die Löcher einer nichtleitenden Platte. Solche unterteilte Elektroden können zwischen zwei Röhren gegossen werden, von denen die innere geheizt, die äußere gekühlt wird. Derartige röhrenförmige Säulen können die Röhren eines Dampfkessels oder Kondenswasserröhren unter Isolierung umgeben.

Die thermoelektrischen Stoffe, nämlich z. B. 2 Antimon + 1 Zink einerseits und 10 Bleiglanz + 1 Schwefelkupfer + 1 Antimon andererseits werden⁴⁾ vorteilhaft nicht gelötet, sondern die aus ihnen bestehenden Elektroden *A* und *G* (Fig. 37) werden durch „Zwischenkontakte“ *t*, *t'* aus

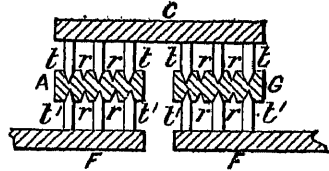


Fig. 37.

Kupfer oder einem anderen guten Leiter mit den Enden *C* und *F* verbunden. Vom letzteren wird der Strom abgenommen, während die Elektroden in gewöhnlicher Weise erhitzt werden. Die EMK ändert sich mit dem Temperaturunterschiede der Zwischenkontakte. Um Beschädigung durch das Erhitzen zu vermeiden, sind die Elektroden *A* und *G* mit Vertiefungen *r* versehen. Eine Anzahl solcher Paare wird ringförmig horizontal über einer Wärmequelle angeordnet. Das Metallstück, das aus dem erwärmten oder abgekühlten Raume kommt und zwischen den Klötzen aus thermoelektrischen Stoffen durchgeht, trägt beiderseitig eine gewisse Anzahl von Spitzen, die ein wenig in die Klötze eindringen, oder auch Platten, die in

¹⁾ E. P. 2205 vom 15. 6. 1875.

²⁾ E. P. 1199 vom 6. 4. 1874, Abb.

³⁾ E. P. 1583 vom 23. 4. 1877, Abb.

⁴⁾ E. P. 6869 vom 21. 5. 1886; Ztschr. Elektrot. 1888, 6, 359; Lum. 61. 1888, 28, 71, Abb.

Züngelchen oder in eine scharfe Kante auslaufen. Wenn die Zwischenkontakte in die Stellung gebracht sind, die sie einnehmen sollen, umgibt man sie mit einem feuerfesten und isolierenden Material unter Aussparung leerer Räume, in welche die Elektrodenmaterialien so gegossen werden, daß sie die Enden der Zwischenkontakte umfassen. Für eine energische Abkühlung der kalten Lötstellen ist durch einen Wasserstrom gesorgt, der in einem isolierten Rohre zirkuliert, um das herum die kalten Zwischenkontakte befestigt sind.

Bei allmählichem Erhitzen zeigte eine Clamond'sche Säule aus 120 Elementen nach Beetz¹⁾ $E = 0-2.96 \text{ D.}$; $W_i = 2.06-2.932 \text{ Q.-E.}$ Eine von Koch in Eisleben hergestellte hatte nach H. Kayser²⁾ $E = 0.5-6.1 \text{ V.}$, $W_i = 2.95-4.07 \text{ O.}$ bei einem Gasverbrauche von 100-350 l in der Stunde.

Auch Camille Alphonse Faure³⁾ verwendet Bleiglanz, der in Pulverform zwischen je zwei Metallplatten gebracht wird. Für die praktische Ausführung werden zwei konzentrische Hohlzylinder aus Gußeisen ineinander gesteckt, und der Zwischenraum wird mit dem Bleiglanz gefüllt. Der innere Hohlzylinder bildet den Schornstein eines Ofens, der äußere einen Wassermantel. Anstelle des Bleiglanzes können Nickel und seine Kupferlegierungen, Selen oder Kupfersulfat (?) angewendet werden. Bei einer anderen Ausführungsform⁴⁾ werden Bleiglanz und Zink-Antimon durch Kupferplatten getrennt, die auf den Seiten abwechselnd vorspringen und als Heiz- und Kühlflächen dienen. Die kurzen und breiten Elektrodenblöcke werden durch starke Klammern mit Schrauben und Bolzen zusammengepreßt. Die Klammern sind elastisch, oder die Schrauben drücken auf Federn, sodaß die Metalle sich beim Erhitzen ausdehnen können. Bei runder Form der Säule ist die Klammer ein steifer gewellter Ring oder besteht aus Teilen mit Flantschen, die mit Bolzen und federnden Zwischenlagsscheiben vereinigt werden. Die Kupferplatten werden mit den Elektroden verlötet, nachdem der Bleiglanz verplatinert oder verkupfert ist. Man kann auch die Enden des Antimon-Zink-Blocks mit Silber umfassen und den Kupferplatten silberne Ösen geben. Sind die Kontaktflächen sehr groß, so geschieht die Vereinigung durch zwischengelegte Draht-

¹⁾ Wied. Ann. 1878, 3, 4; vgl. a. Rolland, Compt. rend. 1877, 84, 1026.

²⁾ Wied. Ann. 1885, 26, 9.

³⁾ E. P. 3540 vom 30. 10. 1873.

⁴⁾ E. P. 3670 vom 19. 9. 1876, Abb.

netze oder gewellte Platten. Die Elektrode kann auch aus einer Anzahl kleinerer zusammengesetzt werden, die man durch ein dünnes Band vereinigt. Bei einer anderen Form der Säule werden die Elektroden in kleine Längslöcher eines irdenen Zylinders gesteckt, in dessen geheiztes Innere die Kupferplatten abwechselnd vorspringen.

Ringe aus dem Doppelsulfid von Blei und Kupfer, deren innere und äußere Kanten verkupfert sind, schiebt Thomas Alva Edison¹⁾ über die Eisenrohre des Oberflächenkondensators einer Dampfmaschine. Die Thermostrome werden zum Erregen der Feldmagnete elektrischer Maschinen benutzt.

Die Kupferlappen können auch²⁾ fehlen. In diesem Falle führt man den „Calorior“ zwischen die Elemente ein. Er besteht aus einer Reihe paralleler Kupferstäbe, deren Enden abwechselnd rechts und links über eine gemeinsame zur Stablänge senkrechte Achse so vorspringen, daß die Stäbe einander überlappen. Die rechten Vorsprünge können gekühlt, die linken erhitzt werden. Das Metall des Caloritors kann eine Elektrode bilden. Oder man kann in ihm Behälter für das Elektrodenmaterial ausschneiden. In diese taucht dann ein vom nächsten Calorior ausgehender Stift, der mit Portland-Zement umgeben wird. Man kann den Calorior auch aus Kupferringen mit kreisförmiger Rinne zur Aufnahme des Elektrodenstoffes an dem einen Rande und mit runder Zunge an dem anderen herstellen. Diese taucht in die Elektrodensubstanz des nächsten Paares, ist aber vom Metall der Rinne durch einen Nichtleiter getrennt. Von Zylindern, die aus solchen Ringen aufgebaut sind, hat der eine die Heizfläche innen, der nächste die Kühlfläche außen und so abwechselnd weiter. Die Säule kann um die Kerne von Elektromagneten angeordnet werden.

3. Elektroden aus anderen Verbindungen.

Außer den Metallen und den Sulfiden des Eisens, Kupfers (Kupferpyrit) und Bleis schlägt Alfred Lambotte-Doucet³⁾ auch Braunstein zur Herstellung von Thermoelementen vor. Die Verbindung stellt eine Platte aus weichem magnetisierten Eisen her. Die Abhitze von Heizkammern und Öfen wird ausgenutzt. Der Luftstrom wird auf 0° abgekühlt.

¹⁾ E. P. 2402 vom 17. 6. 1879, Abb.

²⁾ E. P. 2946 vom 21. 8. 1875.

³⁾ E. P. 3586 vom 6. 9. 1879.

John A. Lyons und Edward C. Broadwell¹⁾ verwenden feste Metallsalze oder wahre chemische Verbindungen, wie Phosphide, Arsenide, Boride, Silicide, Sulfide, Selenide oder Telluride. Beispielsweise wechseln Stäbe oder Platten aus einer Mischung von etwa gleichen Teilen Eisensulfid und Bleisulfid mit solchen aus Kupfer-

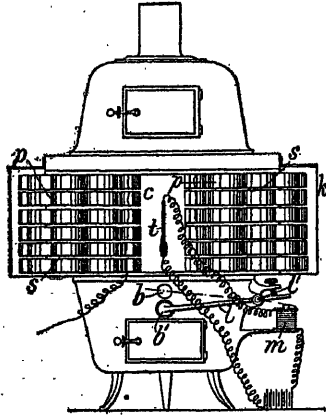


Fig. 38.

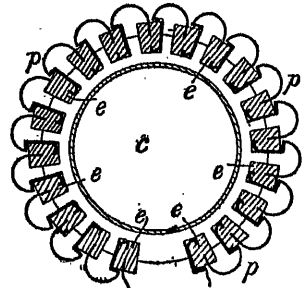


Fig. 39.

phosphid ab, dem bei der Herstellung überschüssiger Phosphor zugesetzt wurde, und mit dem wechselnde Mengen von Kupfersulfid oder Zinntellurid gemengt werden können.

Kobaltarsenid in Mischung mit Wolframit setzt auch J. B. C. Dion²⁾ in kleiner Menge den Elektroden seines Thermoelements zu,

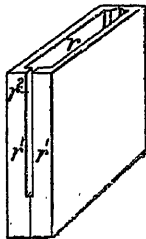


Fig. 40.

die im übrigen aus 100 T. Antimon und 50—70 T. Zink bestehen. Die Säule (Fig. 38 u. 39) hat eine Anzahl durch Platten *p* verbundener Elemente *e*, die in Reihen, voneinander durch Asbestschichten *s* isoliert, um einen Ofen *c* angeordnet sind, sodaß die äußeren Enden von einem Luftstrom gekühlt werden, der zwischen ihnen und dem die ganze Säule einschließenden Kasten *k* zirkuliert. Die

Temperatur des Ofens wird durch einen Thermostaten konstant gehalten, der aus einem Thermometer *t* besteht, das mit Drähten *l*, *l'* an beiden Enden in einen Stromkreis mit einem Elektromagneten *m* geschaltet ist. Sobald das Quecksilber zu hoch steigt und den oberen Draht *l'* im Thermometer berührt, zieht der Elektromagnet den kurzen Arm eines Hebels *b'* an, durch dessen

¹⁾ Am. P. 775188 vom 6. 7. 1903.

²⁾ E. P. 17493 vom 16. 9. 1893.

andern Arm die Öffnung b des Luftzutrittes in den Ofen geschlossen wird. Die Elemente werden in Formen r (Fig. 40) gegossen, die zu mehreren mit einem gemeinsamen Deckel mit Gießkanal bedeckt sind. Sie bestehen aus zwei Teilen r' , r'' mit Öffnung r^2 , durch die zwei Platten p in der Lage, die sie im fertigen Element haben sollen, eingeführt werden.

Das Thermoelement von Heimel¹⁾ wird gebildet aus einer Metalllegierung und einer Komposition von Halbprodukten. EMK bei der höchsten zulässigen Temperatur mit einer Legierung 0,41 V., mit einer anderen 0,45 V.; $W_i = 0,01$ O. Der innere Widerstand läßt sich durch Vergrößerung der Elemente ganz bedeutend vermindern und nimmt bei Erwärmung ab. Elemente, die schon 100—150 mal und oft 5—6 Std. unausgesetzt im Betriebe waren,

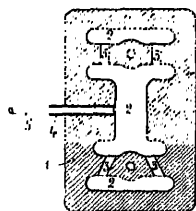


Fig. 41.

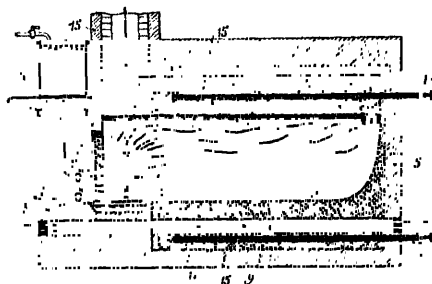


Fig. 42.

zeigten keinerlei Veränderung und Deformation, sowie keine Abnahme der EMK und keine Vermehrung des Widerstandes.

Albert Tissier²⁾ nimmt das Gemisch eines französischen Feldspatminerals (etwa 78,80 % Kieselsäure, 1,44 % Eisenoxyd, 6,96 % Tonerde, 4,32 % Magnesia) und Zink oder Antimon oder deren Oxyde. Die aus dem gepulverten, mit Wasser angefeuchteten Gemisch geformten Blöcke werden getrocknet und in einem elektrischen (Calciumcarbid-) Ofen mehrere Stunden bis nahe auf die Schmelztemperatur des angewendeten Metalles oder Oxydes erhitzt. Darauf wird das Mineral in Stücke der gewünschten Form geschnitten. Eine Anzahl daraus hergestellter Blöcke (Fig. 41), die in ihrem Innern mit Hohlräumen 2 und Gängen 3 versehen und durch Schraubenbolzen zusammengehalten sind, bilden den in der Fig. 42 mit G bezeichneten Generator für die Heizgase des durch

¹⁾ Gew.-Ztg. 1888, 53, 62; Ind.-Ztg. Riga 1888, 14, 33.

²⁾ E. P. 18036 vom 10. 10. 1900 (s. Centralbl. Accum. 1901, 2, 312); Am. P. 729108 vom 30. 11. 1900.

die Figur dargestellten Ofens. Durch ein Rohr 5 ist er mit einem Reservoir für Petroleum oder dergl. verbunden, das in die Eisenröhre 5 (Fig. 41) jedes Blocks eintritt. Unter dem Generator *G* befindet sich ein Wasserbassin, dessen durch die Wärme entwickelter Dampf zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur beiträgt. Die Wände des Ofens bestehen aus dem genannten Material, ebenso die Wand 9 eines Luftkanales, der die untere Ofenmauer durch seinen natürlichen Zug abkühlt. In die Masse des Gemisches sind Bündel aus Metalldrähten (13 und 11) eingelassen, die zur Ableitung des durch die Heizung und Abkühlung der Ofenwände hervorgerufenen Stromes dienen.

4. Elektroden aus Kohle.

Stellt man Thermoelemente aus Kupfer und Kohle so her, daß man letztere mit einer Hülle aus feuerfestem Stoff umgibt, so ist es nicht vorteilhaft, die Wärme von dieser unmittelbar auf die Kohle zu übertragen und die Kupferleiter durch die Hülle hindurchzuführen, da beide dabei leiden. Setzt man nach Alfred Wunderlich¹⁾ auf beide Enden des Kohlenzylinders Kupferkapseln auf, so erhält man durch die große Berührungsfläche, die der sog. Lötstelle entspricht, eine sehr gute Wärmezuführung und wegen des großen Unterschiedes im Wärmeleitungsvermögen von Kupfer und Kohle eine energische Umsetzung der Wärme in elektrische Energie. Die Ableitung erfolgt vom Kupferpol durch einen durch die Mitte der Kohle gehenden Kupferdraht, sodaß die Hülle vollständig geschlossen gehalten werden kann und nicht leidet.

Kohle kombiniert Charles Weightman Harrison²⁾ mit amalgamiertem Kupfer oder Blei. Statt dessen ist auch platinirtes Blei gegen amalgamiertes Kupfer verwendbar. In Verbindung mit Nickel, Platin und anderen schwer schmelzbaren Metallen ist Kohle besonders für Thermoelemente zu Temperaturmessungen gebraucht worden³⁾.

II. Mechanische Gestaltung der Elemente.

Um einen schwachen Widerstand in einem Thermoelement zu erhalten, macht Jean Marie Edouard Sudre⁴⁾ die Länge im

¹⁾ D. P. 83859 vom 26. 3. 1895, Abb.

²⁾ E. P. 4934 vom 29. 12. 1877, Abb.

³⁾ Siehe unter Anwendungen.

⁴⁾ E. P. 5041 vom 9. 12. 1878, Abb.; Telegr. J. 1879, 7, 214; Maschinenbauer 1882, 17, 281, Abb.

Vergleiche mit seinem Widerstande so kurz, wie es die Temperatur, der das Element ausgesetzt werden soll, zuläßt. Antimon-Zink-Prismen erhalten z. B. für Temperaturunterschiede von 10^0 bis 120^0 eine Länge von 10—12 mm, bis 300^0 eine von 20—30 mm. An die Enden der Prismen werden kurze, aber breite und dicke Polplatten aus Eisen, Kupfer, Neusilber o. ä. angelötet. Sind die Metalle leicht schmelzbar, z. B. Wismuth und Antimon, so wird das thermoelektrische Paar aus zwei Stangen gebildet, die durch eine zwischengelötete Querstange verbunden sind. Die Metallpaare sind nebeneinander in Form einer Kette angeordnet. Jede Kette ist in gerader oder krummer Linie zwischen zwei Metallplatten isoliert angeordnet. Die eine Metallplatte dient als Sammler der Hitze, die sie der einen Reihe von Verbindungen des Thermoelements zuführt; die andere Reihe von Verbindungen wird von der zweiten Platte gekühlt, die als Wärmezenerstreuer dient.

Stellt man die Thermoelemente aus Stangen her, die an einem Ende erwärmt werden, so wird ein Teil des Stromes beim Durchgange durch die Stange wieder in Wärme umgesetzt. Diesen Verlust will Edward Goodrich Acheson¹⁾ dadurch vermeiden, daß er die Elemente sektorenförmig gestaltet und von innen aus erwärmt. Dann wird die EMK erhöht, da die Temperaturdifferenz der Lötstellen vergrößert wird, und gleichzeitig wird der Verlust infolge Erwärmung der Elemente durch den Strom selbst geringer, weil der Widerstand der Elemente geringer wird. Nimmt man eine Elektrode aus Nichtmetallen, wie Graphit oder Hammerschlag, so wird sie mit Metallen überzogen, um die Verbindung zu Paaren zu erleichtern. Legt man die Platten übereinander, so wird der Mittelteil der einen in einer Bohrung der darüber liegenden befestigt. Zwischen jedem Paar Platten werden ein Glimmerstreifen, eine isolierende Strohscheibe und isolierende Stützklötzchen angeordnet. Zur Kompensierung der Ausdehnung und Zusammenziehung erhält eine Platte eines Elements an ihrer Peripherie Zungen. Statt die Platten übereinander zu bauen, kann man eine Anzahl Paare auch auf einer horizontalen Achse montieren und diese drehen. Zwischen vier solchen Batterien wird ein Wärmeakkumulator gesetzt.

Am meisten ist ein thermoelektrisches Element nach Julius Walbrecht²⁾ an Elektrizitätsmenge ergiebig, wenn seine Metallverbindung in der Wärmezuführungsstelle an Fläche groß und

¹⁾ D. P. 27143 vom 23. 3. 1883, Abb.

²⁾ D. P. 34913 vom 24. 7. 1885.

homogen in der Temperatur ist. Letzteres läßt sich am besten erzielen, wenn man die Berührungsfläche kurz und sehr breit macht und sie auf einen möglichst geringen Raum zusammendrängt. Dieses wird durch Aufwicklung der großen Flächenbreite in die Form einer Spirale möglich (Fig. 43, 44 u. 45). Die Spirale braucht keine stetige Kurve zu sein. Man kann sie eckig durchführen (Fig. 46), und ferner würde auch eine Zickzackführung (Fig. 47), eine Hin- und Herführung der Flächenbreite (Fig. 48), oder eine beliebige Zusammenstellung der Fläche aus einzelnen mit einander in Berührung

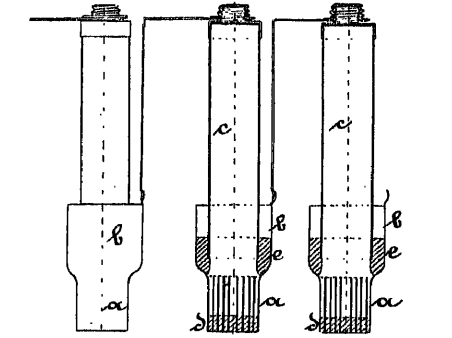


Fig. 44.

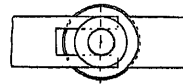


Fig. 43.



Fig. 45.



Fig. 46.



Fig. 47.



Fig. 48.



Fig. 49.



Fig. 50.



Fig. 51.

gebrachten Lamellen oder Ineinanderstellung mit einander verbundener Röhrenstücke (Fig. 49—51), dem gedachten Zwecke dienlich sein. Mit dem Rest des Streifens wird um das Ganze eine ringsum geschlossene Wand gebildet. Zu einem kleinen Teil werden unten dann die Zwischenräume zwischen den Streifenwindungen mit einem feuerfesten Material ausgestopft, sodaß es den Boden *d* zu einem Gefäß bildet, in dem Wände in zahlreichen Windungen aufrecht stehen. Diese inneren Wände könnten auch statt aus einem Blechstreifen aus Drahtsiebstreifen oder aus Drahtwindungen gemacht sein. Die Gefäßfassungswände *a* sind (Fig. 44) zu einem Rand *b* nach oben hin über die Innenwände wesentlich erhöht und gegen ihren unteren Teil auch erweitert. In das Gefäß wird, nun das

zweite in Betracht kommende Metall flüssig eingegossen in Form einer hoch über das Gefäß hinausragenden Säule *e* von geeignetem Querschnitt. Schließlich wird zwischen der Metallsäule *c* und dem Umfassungsrand *b* des Gefäßes noch ein Chamottefutter *e* eingebracht. Durch die geschilderte Anordnung ist nicht nur die Verbindungsfläche zwischen den beiden wirksamen Metallen auf kleinem Raum in großer Flächenausdehnung gewonnen, es ist auch für Überführung der fließenden Elektrizität von einem Metall zum anderen eine Übergangsstelle von möglichst geringem Widerstande geschaffen. Dies ist für den Fall wichtig, wenn eine große Anzahl von Elementen hintereinander geschaltet sind. Demselben Zwecke, eine große Durchflußfläche, und zwar am anderen kalten Pol des Thermoelements, zu bieten, dient ein Kupfermantel, der die Säule des zweiten Metalles bis hinab in das Chamottefutter *e* ganz ein-

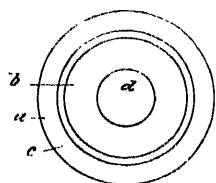


Fig. 52.

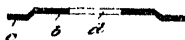


Fig. 53.

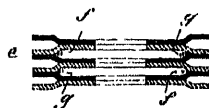


Fig. 54.

hüllt. Man kann auch diesen zweiten Abkühlungselementenpol ebenso wie den ersten konstruktiv durchbilden.

Der Aufbau dieser Elemente zu einer Säule ist später beschrieben.

Macht man die einzelnen Elemente tellerartig und lötet sie einfach aufeinander, so kann man nach Anton Kreidler¹⁾ ohne isolierende Zwischenlagen flüssigkeitsdichten Abschluß erzielen. Zur Herstellung der Elemente werden kreisförmige Platten benutzt, die (Fig. 52, 53) tellerförmigen Querschnitt besitzen, so daß der ebene Plattenboden *b* vertieft zum ebenen Rande *c* liegt. Der Plattenboden *b* ist mit einer zentralen Öffnung *d* von solchem Durchmesser versehen, daß die Oberflächen des Randes und des Bodens annähernd gleich groß sind. Zum Aufbau der Thermosäule werden je zwei dieser Platten aus verschiedenen Metallen oder Legierungen in der in Fig. 54 gezeigten Weise so aufeinandergelegt und verbunden, daß aufeinanderfolgend einmal die Bodenflächen *b* und

¹⁾ D. P. 142829 vom 3. 11. 1901.

dann die Ränder c der Platten aufeinanderliegen und die sog. Lötstellen der Thermosäule bilden, wobei abwechselnd zwischen den Rändern und Bodenflächen je zweier aufeinander folgender Plattenpaare ein Zwischenraum e bzw. f entsteht.

Gegen die Plattenabschrägungen in diesen werden Ringe g aus Asbest oder sonstigem Wärmeisoliermaterial angedrückt, um die Erhitzung an anderen wie den Lötstellen zu vermeiden. Bei der Thermosäule in Fig. 55 ist das aus 32 Elementen hergestellte

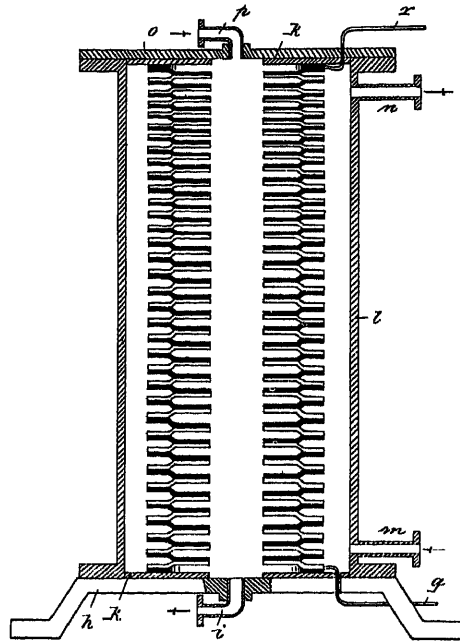


Fig. 55.

Rippenrohr auf eine mit zentralem Rohrstutzen i versehene Grundplatte h durch eine Asbestplatte k von ihr isoliert aufgesetzt und von einem weiten, nahe seinem unteren Rande mit einem zur Einführung eines Kühlmittels dienenden Rohrstutzen m bzw. n versehenen Mantel l durch einen mit einem zentralen (wie i für ein Heizmittel vorgesehenen) Rohrstutzen p versehenen Deckel o geschlossen. g und r schließlich sind isoliert durch die Grundplatte h und den Deckel o geführte Ableitungsdrähte für den elektrischen Strom. Dadurch, daß heiße Flüssigkeiten oder Dämpfe zur Erhitzung verwendet werden, ist rascher Zerstörung der Lötstellen vorgebeugt. Außerdem wird jener Teil der Wärme, der nicht in

Elektrizität umgesetzt wird, bei Anwendung von Kühlflüssigkeit von letzterer aufgenommen. Die Ausführung der Thermosäule als Rippenrohr bietet noch den weiteren Vorteil, daß eine größere Anzahl gleichzeitig von einer einzigen Hauptleitung aus erhitzt und gekühlt werden kann, wobei die Rippenröhren entweder hintereinander oder nebeneinander geschaltet sein können.

Tellerförmig sind auch schon die Elemente bei der Thermosäule von Edward Goodrich Acheson¹⁾. Sie bestehen aus je zwei an der Peripherie so verlöteten Scheiben, daß ein Punkt an dem inneren Kreise mit jedem Punkt an dem äußeren Kreise verbunden ist. Die beiden Kreise haben die Temperaturextreme. Die Elemente sind durch Löcher in ihrer Mitte verbunden. Man kann sie auch horizontal anordnen und mehrere solcher Batterien parallel an einem sich drehenden Rahmen befestigen, sodaß die Heizquelle in der Mitte der Säulen ist.

T. G. Hall²⁾ füllt zwei verschiedene Metalle (z. B. Eisen und Kupfer) in zwei konzentrisch in einander stehende hessische Tiegel.

J. J. Shedlock und R. Mestern³⁾ gießen in einem Behälter auf einen Block aus schwer schmelzbarem Metalle die eine Elektrode, von der die andere als Streifen abgeht. Behälter und Metall werden mit einem Metallmantel bedeckt. Ringe von diesen Elementen werden in Reihen um einen Ofen mit Luftzuführungsöffnungen angeordnet. Durch einen diesen umgebenden Behälter streicht Kühlluft.

Webb⁴⁾ faltet das eine Metall in dünner Blechform mehrmals zusammen und verbindet zwei solcher Bleche durch einen Draht aus dem zweiten Metall.

Kupfer- und Antimonstäbchen vereinigt Gaugain in Form eines Hufeisens. Zum Erhitzen dient ein Paraffinbad.

Ausschließlich theoretisches Interesse besitzt die Säule von Arnoult Thénard. Er lötet Hufeisen aus 29 cm langen und 1 cm dicken Stäben von Schmied- und Gußeisen, oder Schmiedeisen und Bronze oder Gußeisen und Bronze zusammen, sodaß die heißen Lötstellen der einen Seite 10 cm von den kalten der anderen Seite entfernt liegen.

Ernest F. Yost und William H. Smith⁵⁾ verwenden die inneren Kühlröhren zugleich als Stromendigungen. Die eine Elek-

¹⁾ E. P. 1357 vom 14. 3. 1883, Abb.

²⁾ E. P. 6551 vom 28. 3. 1893; Am. P. 494199, Abb.

³⁾ E. P. 6119 vom 9. 4. 1889, Abb.

⁴⁾ Am. P. 449186.

⁵⁾ Am. P. 660138 vom 28. 6. 1900.

trode ist mit einer Substanz überzogen, die ihren Angriff durch irgend einen Bestandteil der anderen verhindert. Die Heizstelle wird so konstruiert, daß bei Temperaturunterschieden gute Verbindung bewahrt bleibt und die Ausdehnung und Zusammenziehung des Zellenkörpers ausgeglichen wird. Die Hitze wird dem Kupferkörper *A* (Fig. 56) mitgeteilt. An dessen Fläche *B* ist ein Gehäuse *C* angelötet, das vorteilhaft aus „IA-Metall“ (einer Legierung aus 0,80 % Eisen, 42,10 % Nickel und 57,10 % Kupfer) besteht, und außerdem

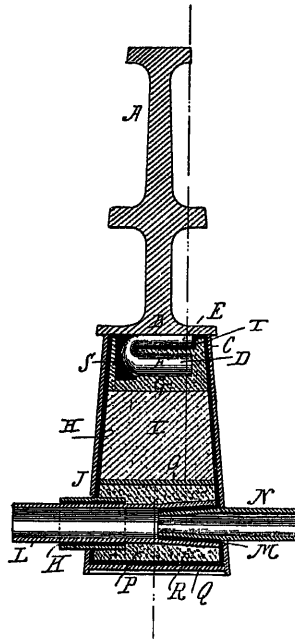


Fig. 56.

das kurze kupferne U-Rohr *D* befestigt, dessen einer Teil *E* durch Zusammenklopfen besonders fest gemacht ist, während der andere Schenkel *F* Röhrenform behält. Die Biegung des Rohres *D* ist mit isolierendem Material *S* umgeben. Ebenso erhält der freiliegende Teil des Schenkels *E* einen isolierenden Anstrich *T*. *D* ist in Antimon *G* eingebettet. Das Gehäuse *C* ist mit isolierendem Material belegt und bis zu $\frac{1}{5}$ seiner Höhe, von *B* ab gemessen, mit einer Legierung *I* aus Antimon und Zink gefüllt, die den Hauptteil der elektronegativen Elektrode bildet. Die Zinkmenge braucht nicht sehr klein gehalten zu werden, da die elektropositive Elektrode durch die Masse *G* geschützt ist. Die Wandungen des Gehäuses haben zwei gegenüberliegende Löcher. Eins davon nimmt in einem mit isolierendem feuerfesten Material *K* belegten kurzen Kupfertubus *J* die Kupferröhre *L* auf. Ihr

inneres Ende erweitert sich nach der entgegengesetzten Seite des Gehäuses zu, ist mit isolierendem Material *M* belegt und nimmt das verjüngte Ende einer Kupferröhre *N* auf. Auf die Masse *I* wird eine Kupferplatte *O* gelegt. Der übrige Innenraum des Gehäuses wird mit Lot *P* gefüllt, dieses mit isolierendem Material *R* bedeckt und auf dieses eine Kupferplatte *Q* gelegt, die angelötet das Gehäuse abschließt. Durch Erhitzung der Kupfermasse *A* wird auch die Verbindungsstelle zwischen dem elektropositiven Stück *D* und den elektronegativen Massen *G* und *I* auf höhere Temperatur gebracht. Mit dieser Stelle ist ebenfalls die Röhre *N* durch das Gehäuse

C in elektrischer Verbindung. Diese besteht andererseits zwischen der Röhre L und der elektronegativen Masse I , deren Lötstelle durch Wasser oder eine andere ständig durch L und N fließende Kühlflüssigkeit gekühlt wird. Die Schenkel F E öffnen sich leicht bei Ausdehnung der Zelle.

Nach einer ähnlichen Konstruktion¹⁾ ist an dem Streifen A (Fig. 57) aus elektropositivem Metall (z. B. Kupfer), der rechteckig umgebogen ist, bei C das Gehäuse angelötet. Es hat zwei Seitenarme, die wie seine Seitenwände mit isolierendem Material F bekleidet sind. An der unteren Seite von C ist ein Kontaktstück G aus gewelltem elektropositivem Metall (z. B. Eisen) befestigt. Es ist eingebettet in Metall H , das elektronegativer ist und G nicht angreifen kann (z. B. Antimon allein oder in Legierung mit Zink). Das Gehäuse ist mit Antimon-Zink-Legierung I gefüllt. Auf diese folgt eine Kupferplatte J und die Lötmasse K , in die eine Kupferröhre L direkt eingebettet ist. Deren Ende nimmt eine Kupferröhre N

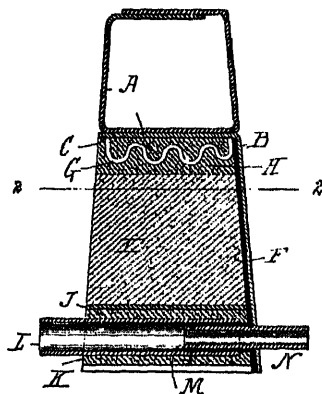


Fig. 57.

auf, die mit Isolationsmasse M bekleidet ist. Durch Erhitzen von A wird die Vereinigungsstelle von G und dem elektronegativen Metall, mit der N elektrisch verbunden ist, erwärmt. Andererseits wird durch die Röhren L und N Kühlflüssigkeit geleitet und die Verbindung zwischen L und dem einschließenden Metall gekühlt. Wird die Flamme in das Innere des Behälters A gebracht, so erhält die Zelle horizontale Lage. Bei Herstellung einer Säule dient A zur Vereinigung der Zellen.

Der Aufbau solcher Elemente zu einer Säule ist später²⁾ beschrieben.

¹⁾ Am. P. 660 139 vom 28. 6. 1900; D. P. 128 856 vom 13. 7. 1900 für L. S. Langville.

²⁾ Siehe Seite 82.

Wenn man die Bestandteile eines Thermoelements verlötet, ist man von dem Schmelzpunkte des Lots abhängig und bringt durch dieses einen fremden Körper hinein. Verschweißt man, so wird durch die hohe Erhitzung die Struktur der Metalle verändert und entstehen an den Vereinigungsstellen Legierungen, die nicht an allen gleichmäßig sind. Außerdem erfordern diese Verfahren viel Zeit und Geschicklichkeit. Besser ist es also, ohne Löten auszukommen. Dies erreicht G. Betz¹⁾ billig dadurch, daß er den Raum zwischen den Speichen eines aus dem härteren und schwerer schmelzbaren Metalle hergestellten Rades mit dem zweiten Metall, ohne daß dieses in metallische Berührung mit den Speichen kommt, ausgießt und dann Innen- und Außenring des Rades derart einschneidet, daß die beiden Metalle wechselnd mit einander metallisch verbunden sind und also so viel hintereinander geschaltete Elemente entstehen, als Speichen im Rade vorhanden sind. Mehrere solcher Elementensterne werden unter Zwischenfügung von isolierenden feuerfesten Ringen aufeinander gelegt und zwischen zwei Gußeisenplatten durch drei Schrauben zusammengepreßt. Jeder Elementenkranz besitzt zwei Klemmen, damit die Kränze durch kurze Kupferdrähte je nach Bedarf neben- oder hintereinander geschaltet werden können und die Batterie sich leicht auseinander nehmen läßt. Die Kontaktstellen des mittleren Teils werden²⁾ einer direkten Flamme nicht ausgesetzt, sondern sind von einem Schutzzylinder umgeben, um ein Überhitzen zu vermeiden. Der von einem Heißluftmotor getriebene Ventilator, der wiederum von den überhitzten Gasen erwärmt wird, schickt einen kalten Luftstrom über die Kontakte der Peripherie und trägt so zu einem beträchtlicheren Temperaturunterschied bei.

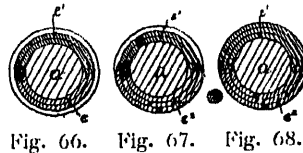
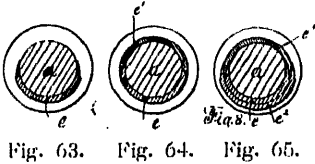
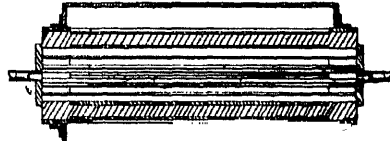
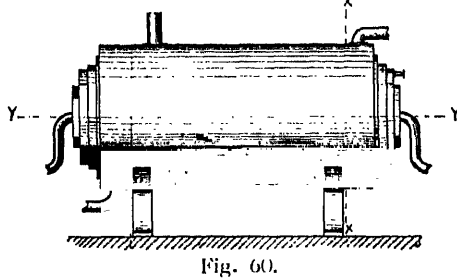
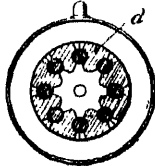
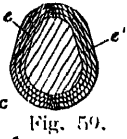
Nach Baruch Jonas³⁾ wird in Schraubenwindungen auf der einen Seite eines Körpers aus isolierendem Material galvanisch Metall niedergeschlagen und dieses Verfahren auf der andern Seite mit einem Metall wiederholt, das mit dem ersten beim Erhitzen der Berührungsstellen einen elektrischen Strom gibt. Fig. 58 zeigt den Aufriß des isolierenden Körpers, Fig. 59 den Querschnitt einer abgeänderten Form, Fig. 60 den Aufriß der Säule, Fig. 61 einen Schnitt nach Linie x-x, Fig. 62 nach y-y, während die Fig. 63—68 die Art veranschaulichen, in der die Metalllagen auf den isolierenden Körpern angeordnet sind. *a* ist der isolierende Körper (z. B. aus Porzellan), dessen spiralförmiger Kanal *b* auf galvanischem Wege

¹⁾ D. P. 48753 vom 13. 9. 1888, Abb.

²⁾ Lum. él. 35, 132.

³⁾ D. P. 116675 vom 8. 12. 1899; E. P. 24968 vom 16. 12. 1899.

mit dem Metall gefüllt wird. Die so hergestellten Thermoelemente werden in einen Kern d (Fig. 61) eingelassen, dessen Innenfläche erhitzt, während die Außenfläche abgekühlt werden kann. Damit die verschiedenen Metalle der Säule gut an den Kontaktteilen haften, wird zunächst die eine Hälfte e mit Metall überzogen und dann mit Wachs bedeckt. Hierauf überzieht man die andere Hälfte e^1 mit Metall, bedeckt sie mit Wachs, entfernt dieses von e^1 und schlägt dann eine zweite Lage Metall e^2 auf der ersten Hälfte nieder u. s. f. Die technischen Vorteile sollen sein einerseits Ersparnis an Arbeit und Zeit, weil viele Elemente gleichzeitig hergestellt werden, und das Zusammenlöten der einzelnen Metallstücke nicht erforder-



lich ist, andererseits eine Ersparnis an Metall, weil bei diesem Verfahren die Größenverhältnisse der Elemente sich nur nach dem gewünschten inneren Widerstande der Säule richten, während bei anderen Thermosäulen noch die Festigkeit der Elemente in Betracht kommt. Die durch das vorliegende Verfahren hergestellten Elemente sind selbst dann noch fest und dauerhaft, wenn die Metallschichten äußerst dünn sind, da infolge der Adhäsion die Metallschicht an der Wandung des Einschnittes festhaftet, wodurch ein Bruch der Metallspirale ausgeschlossen erscheint.

Auf ähnliche Weise vermeiden Meyer Wilderman und Robert Ludwig Mond¹⁾ die mit dem Löten und Schweißen ver-

¹⁾ Am. P. 813862 vom 14. 8. 1905.

bundenen Mißstände. Sie bedecken einen aus einem Metall oder einer Legierung bestehenden Kern mit einem metallischen Überzug, ziehen aus, legen das äußere Metall in regelmäßigen Abständen frei und bringen die einen Enden dieser Teile so zusammen, daß man ihnen eine bestimmte Temperatur mitteilen kann, die ändern so, daß sie eine andere erhalten können. Auf einem runden Stab *a* (Fig. 69) aus Porzellan, Ebonit oder Glas ist eine spiralförmige Vertiefung *b* von etwa 1 mm eingeschnitten. In der Längsrichtung des Stabes befindet sich eine Vertiefung *c*. Ein Draht *d* von geringem Durchmesser (z. B. 0,025 mm), der beispielsweise einen Kern aus Platin und einen Überzug aus Eisen hat, ist durch eine

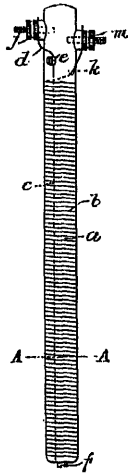


Fig. 69.

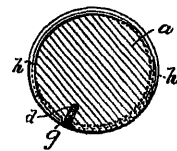


Fig. 70.

Schraube *e* und eine Endschraube *j* an dem einen Ende des Stabes befestigt und liegt in der Vertiefung *c*, in der er sich nach dem anderen Ende bis zur Schraube *f* ausdehnt. Die Vertiefung *c* ist mit geeignetem Isolierstoff *g* (Fig. 70) ausgefüllt, um den Draht *d* zu bedecken, der dann um den Stab in der spiralförmigen Vertiefung gewickelt wird. Das Ende dieses Drahtes ist mit einer Schraube *k* und einer Endschraube *m* befestigt. Die eine Hälfte des Stabes ist mit Paraffin überzogen. Der Stab wird dann in eine Säure oder ein anderes geeignetes Agens getaucht, um das äußere Metall von den Teilen des Drahtes zu lösen, die nicht durch Paraffin geschützt sind. Wenn die ungeschützten Teile des Überzuges entfernt sind, wird das Paraffin aufgelöst. Die eine Reihe der Verbindungen *h* liegt der andern gegenüber. Wird die eine dem Licht

ausgesetzt, die andere im Dunkeln gehalten, so entsteht ein Strom. An einem Stabe von 5 cm Länge und 7 bis 8 mm Durchmesser können auf jeder Seite 50 Vereinigungsstellen angebracht werden. Die kompakte und leichte Säule kann zur Temperaturmessung anstatt der Wheatstone-Brücke und des Platin-Thermometers, ferner als Pyrometer und Photometer benutzt werden, und auch an Stelle von Accumulatoren, wenn eine konstante EMK für lange Zeiträume gewünscht wird, z. B. bei Motorrädern, bei denen leichtes Gewicht und Kompaktheit von großem Werte sind.

Isidor Kitsee¹⁾ will sich durch Versuche überzeugt haben, daß man die EMK von Thermoelementen bedeutend steigern kann, wenn man die beiden Metalle eines Elementes nicht, wie üblich, durch Lötung vereinigt, sondern zwischen ihre unverbundenen Enden



Fig. 71.

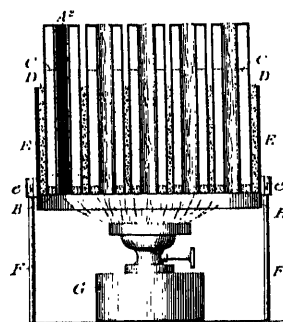


Fig. 72.

eine kristallisierte Verbindung, die Kristallwasser enthält, zwischenschaltet, oder auch die Metalle vereinigt, aber an die Kontaktstelle eine solche Verbindung bringt. Besonders soll sich Natriumacetat zu dem Zweck eignen. Z. B. hat das Element die Form einer Dose mit zwei Hälften aus verschiedenen Metallen. Dazwischen steht eine poröse Scheidewand, und als Füllung dient auf jeder Seite ein anderes oder auf beiden dasselbe kristallisierte Material *C* und (¹). In Fig. 71 ist die Verbindung mehrerer derartiger Elemente unter Zwischenschaltung poröser Wände *B* dargestellt. Den Aufbau einer ganzen Batterie aus einzelnen röhrenförmigen Elementen zeigt Fig. 72. Die Elemente sind in einen feuerfesten Stoff *D*, z. B. Ton, eingebettet. Innere und äußere Röhre jeder Zelle sind aus verschiedenen Metallen und der Zwischenraum bis zu einer gewissen Höhe mit dem kristallisierten Körper gefüllt. Anstatt der inneren

¹⁾ Am. P. 713652 vom 9. 2. 1900.

Röhre kann auch ein voller Metallstab dienen, wie bei A^2 , oder der Boden der inneren Röhre kann mit wärmeisolierendem Stoff ausgelegt werden, um die Wärme von den oberen Teilen fernzuhalten.

James Becker¹⁾ verbindet thermoelektrische Metallstangen an ihren entgegengesetzten Enden oder mit einem Hauptleiter und füllt die Räume zwischen ihnen mit nichtleitendem Material. Dicht neben eine Reihe kommt eine andere, sodaß nur ein schmaler Heizkanal bleibt. Die heißen Enden liegen höher als die kalten. Die Enden der Stäbe haben Neusilber-Kappen mit seitlichen Lippen und einem Kerne.

Um die durch die Sprödigkeit der Antimonlegierungen verursachte leichte Zerbrechlichkeit der Thermoelemente herabzusetzen,

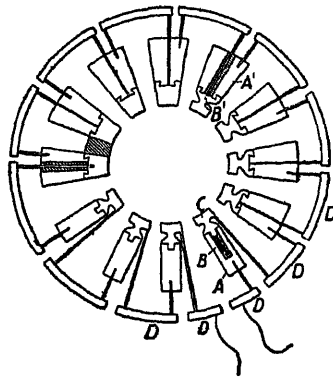


Fig. 73.

wollen Daniel Lautensack, Adolf Kohn und Oskar Laske²⁾ die positive Elektrode um einen von Isolationsmaterial umschlossenen Kern aus zähen Metall gießen, der zugleich die zweite Elektrode sein kann. Diese (Fig. 73) besteht z. B. aus Kupfer-Nickel, ist schienenförmig und ragt an beiden Enden aus der aus Antimon-zink bestehenden Elektrode B heraus. An das eine Ende des prismatischen Körpers wird ein Stück C aus neutralem, schwer schmelzbarem Metall angegossen, das, um zu starke Erhitzung der beiden Legierungen zu vermeiden, entweder mit einer Einschnürung versehen oder entsprechend lang hergestellt ist. Die beiden Elektroden sind so angeordnet, daß sie die Wärme nach allen Seiten frei ausstrahlen können. Man schaltet durch Schienen und

¹⁾ E. P. 1314 vom 4. 5. 1867, Abb.

²⁾ D. P. 29772 vom 11. 3. 1884; E. P. 4158 vom 29. 2. 1884; Am. P. 313215 vom 3. 3. 1885, Abb.

die auf sie gegossenen sektorförmigen Metallstücke *D* die Elemente in Ringform hintereinander. Einer dieser Ringsektoren bleibt offen, und je eine Hälfte wird mit einem Poldraht versehen. Die inneren Enden der Elemente sind, ebenso wie die einzelnen Ringe beim Aufbau einer Säule, durch Asbestschichten oder Schichten aus anderem, bei 350° sich nicht veränderndem Isolationsmaterial getrennt. Bei der Säule liegt zwischen dem inneren Ofen und den zu erheizenden Metallstückchen eine ringförmige, oben geschlossene Luftkammer. Ein über die ganze Säule gestürztes Gehäuse aus Drahtgeflecht befördert die Wärmeausstrahlung an den kalten Stellen.

Joseph Matthias¹⁾ will erreichen, daß die aus verschieden harten Substanzen hergestellten Elektroden nicht zerbrechen können,

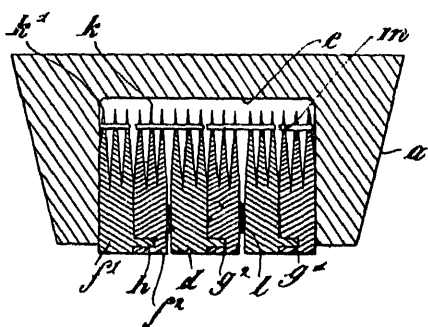


Fig. 74.

daß durch ihre eigenartige Form und Anordnung der Widerstand auf ein Minimum reduziert wird, daß in einem relativ kleinen Raume viele Elemente vereinigt, und daß die Elektroden entsprechend gekühlt werden können. Der Block *a* (Fig. 74) aus feuerfestem Material (z. B. Zement) enthält²⁾ in dem Hohlraum *e* die durch Glimmer, Zement oder dergl. isolierten Thermoelemente, so daß die Elektroden *f*¹ *f*² mit ihren Unterseiten *g*¹ *g*² die untere Fläche *d* des Raumes *e* völlig verschließen. Die anderen Enden der Elektroden laufen in Spitzen *k*¹ *k*² aus in der Weise, daß die Spitzen je zweier benachbarter Elektroden von verschiedener Polarität durch einen metallischen Leiter *m* miteinander verbunden sind. Der Leiter

¹⁾ Ung. P. 15978 vom 14. 4. 1899; Öst. P. vom 12. 4. 1899.

²⁾ Am. P. 641214 vom 13. 12. 1898; E. P. 27526 vom 30. 12. 1898, Abb.; D. P. 105170 vom 5. 6. 1898, Abb., in Gemeinschaft mit Adalbert Bauer und Fritz Schöninger.

diagonal gegenüberstehender Elektroden ist durch Löcher in den Block geführt und dient zur Verbindung mit den entsprechenden Elektroden des Nachbarblocks. Die Blöcke werden horizontal, vertikal oder geneigt so angebracht, daß die erwähnten Hohlräume fortlaufende Durchgänge oder Kanäle bilden, durch die z. B. durch einen Ventilator ein Strom kalter Luft eingesaugt wird, der die Spitzen der inneren Elektrodenenden kühlt.

Bei einer anderen Ausführung¹⁾ hat von den nebeneinander gesetzten prismenförmigen Elektroden die aus hartem Metall, z. B. Neusilber, bestehende *a* (Fig. 75) an der der Wärmequelle zugekehrten Seite einen Ansatz *g*, der so groß wie die Bodenfläche der aus brüchigem Material hergestellten Elektrode *b* ist. Diese ist um die Dicke von *g* kürzer als *a*. Die Oberflächen der nach der Wärmequelle gekehrten Seiten der Elektrode *a* werden so groß ge-

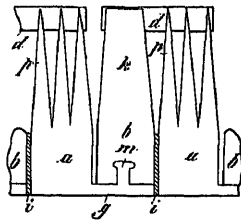


Fig. 75.

nommen, daß sie jene Seite der Säule vollständig ausfüllen und keine Zwischenräume zum Durchstreichen der heißen Luft nach der anderen Seite lassen. Die Elektrode *a* läuft in eine große Anzahl (z. B. 9) Spitzen *p*, die Elektrode *b* in zwei Keile *k* aus. Die erstere Form ist gewählt, um die Kühlung energisch und den inneren Widerstand klein zu machen.

Der Knopf aus hartem Metall in der Elektrode *a* wird mit einer möglichst dünnen Schicht Lot bedeckt. Dann gießt man das brüchige Metall (z. B. 2 T. Antimon und 1 T. Zink) auf den Vorsprung *g*. Dadurch wird eine innige Verbindung der Elektroden *a* und *b* erreicht und letzterer eine feste Unterstützung und Schutz vor zu starker Erhitzung gegeben. Oben wird die Elektrode *b* geschützt durch die Stege *d*, die, nachdem die Elektroden- spitzen möglichst dünn mit Lot bedeckt sind, darauf gegossen werden. Voneinander sind die Elemente durch Isolationslagen *i* getrennt.

Zum besseren Schutz wird²⁾ die Elektrode *b* (Fig. 76 u. 77) mit einer Hülle *c* aus Ton oder Steingut umgeben. Sie ist oben und unten offen und steht auf dem Vorsprung *g* der harten Elektrode, die mit einem Dorn *h* zur Aufnahme eines Verbindungsstiftes *f* versehen ist, der in die Elektrode *a* hineingeht. Man überzieht *f* und *g* möglichst dünn mit Lot und gießt dann das Metall

¹⁾ Am. P. 652436 vom 19. 6. 1899; E. P. 7527 vom 10. 4. 1899, Abb.

²⁾ Am. P. 652437 vom 19. 6. 1899; D. P. 107515 vom 10. 3. 1899.

der Elektrode *b* in die Hülle *c* bis zum Rande der seitlichen Öffnung *q*, die das Brückenstück *d* aufnimmt. Dieses wird gegossen, nachdem der Verbindungsstift *e* möglichst dünn mit Lot bedeckt ist. Die unteren vier Zinken dieses Stiftes gehen durch die Wandungen der Hülle *c* und sind außerhalb dieser nach aufwärts oder abwärts gebogen. Zur besseren Kühlung ist die Elektrode *b* noch mit einer Anzahl von Luftlöchern *l* versehen, die ihren oberen Teil parallel mit dem Stift *f* durchsetzen.

Gouraud¹⁾ schützt seine aus Antimonzink (3:2) und aus Nickel bestehenden Elektroden durch einen Kupferbeschlag. Iden²⁾ gießt die Antimonlegierung in ein Eisenblechkästchen, in dem die andere Elektrode steht.

Da bei zufälliger Überhitzung die positive leicht schmelzbare Elektrode oft zerstört wird und eine Auswechselung einzelner

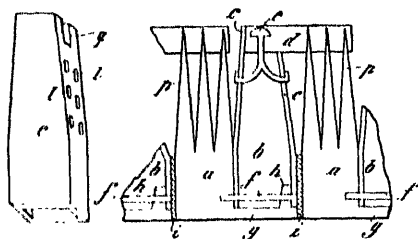


Fig. 76.

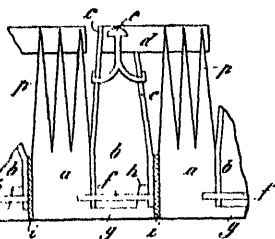


Fig. 77.

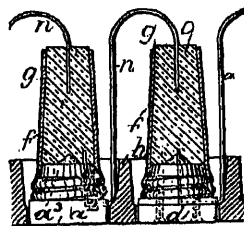


Fig. 78.

Elemente meist schwer und zu umständlich ist, macht Hugo Mestern⁴⁾ jene Elektrode zur oberen und verbindet sie mit der unteren durch eine umhüllende Blechkapsel, die mit der schwer schmelzbaren Elektrode verschraubt und gegen die obere mit Asbest umhüllt wird. Zum Aufbau der Säule werden die einzelnen Elemente in einer gitterartigen Platte durch einen Asbestkitt befestigt. Die Elemente bestehen (Fig. 78) aus einem unteren Block *a* mit Schraubenkeil *a*² und Kranz *a*³ als negativer Elektrode und einem darüber geschraubten Zylinder oder Konus o. ä. *g*, der mit Asbest *f* bekleidet ist und die positive Elektrode *o* enthält. Oder die negative Elektrode besteht (rechts in Fig. 78) aus zwei durch Schrauben verbundenen Teilen. Die Verbindungsstreifen *n* sind

¹⁾ Lum. cl. 42, 82, Abb.; Génie civ. 19, 46.

²⁾ Am. P. 479596.

³⁾ Den Aufbau solcher Elemente beschreibt Am. P. 461437.

⁴⁾ D. P. 53847 vom 3. 12. 1889; E. P. 11661 vom 22. 7. 1889; Am. P. 511245; Lum. cl. 36, 179.

entweder mit der Elektrode vergossen oder in eine Rinne in ihr gelegt und zur folgenden positiven Elektrode übergebogen. Das Ganze ist mit Zementpackung in einem Rahmen *h* enthalten. Die Flamme eines einzigen Herdes umstreicht die Sockel der negativen Elektroden von vier Säulen, die symmetrisch zu zweien auf jeder Seite angeordnet sind. Die positiven Elektroden ragen in eine Kammer, in die durch ein Regulierventil Kühlluft eingelassen wird.

Kurzschlüsse durch Schmelzen kann man auch vermeiden, wenn man auf die oben¹⁾ beschriebene Art und Weise die Elemente herstellt.

Von demselben Gedanken wie Mestern geht Andrew Patterson²⁾ aus und bettet die Thermoelemente so in unschmelzbaren Isolationsstoff ein, daß die schmelzbare Elektrode unter die unschmelzbare zu liegen kommt. Sind beide Elektroden schmelzbar, so liegt die spezifisch schwerere unten. Die beiden Elektroden sind parallel getrennt angeordnet und nur an den Enden verbunden.

Edelkamp³⁾ schließt die beiden Metalle in feuerfeste flaschenähnliche Gefäße ein.

Um gleichförmige Beanspruchung der einzelnen Teile des Elements zu erzielen, packt es A. Burjorji⁴⁾ dicht mit hartem Füllsel in einen Behälter von kleinerem Ausdehnungskoeffizienten.

Léon Bénier⁵⁾ bringt Metallplatten in einen solchen Zustand, daß ein anderer Körper allmählich in sie eindringt. Er geht dabei von folgenden Erwägungen aus: Alle wägbaren Körper bestehen aus der Vereinigung von Atomen oder Molekülen. In dem intermolekularen Zwischenraum befinden sich mindestens zwei andere, jedoch unwägbare Körper: die Elektrizität und die Wärme. Die verschiedenen Moleküle üben untereinander eine Anziehung aus und haben außerdem noch eine Anziehung für einen anderen Körper, den Äther. Nennt man *A* die Moleküle eines wägbaren Körpers, *B* die elektrischen Moleküle und *C* die Wärmemoleküle, so stellt Fig. 79 ein Molekül *A* dar, umgeben von Molekülen *B*, die ihrerseits von Molekülen *C* umgeben sind. Alle diese Moleküle sind von Äther umschlossen, der verhindert, daß sie sich berühren. Jedes Molekül besitzt eine unveränderliche Anziehungskraft, aber

¹⁾ Siehe Seite 38.

²⁾ Am. P. 255 885 vom 4. 4. 1882, Abb.

³⁾ Am. P. 425 568.

⁴⁾ E. P. 14037 vom 17. 11. 1885, Abb.

⁵⁾ F. P. 358 051 vom 26. 9. 1905.

die gesamte Anziehungskraft kann in veränderlichen Teilen auf die verschiedenen benachbarten Moleküle verteilt werden. Für ein und denselben Körper und für dieselbe Temperatur ist das Verhältnis der Wärmemoleküle C immer dasselbe. Wenn man die Zahl der Moleküle C vermehrt, erhöht man die Temperatur. Ein warmes elektrisches Molekül wird von einem anderen kalten angezogen. Diese Wärmeanziehungskraft für die Elektrizität ist die Quelle der EMK in einer Thermosäule. Damit aber diese EMK einen Strom

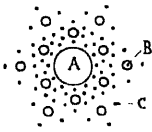


Fig. 79.

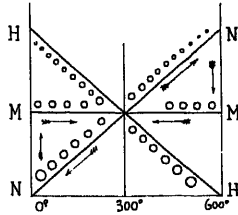


Fig. 80.

in einem Leiter, in dem die Wärme ungleichmäßig verteilt ist, erzeuge, muß dieser Leiter eine besondere Disposition haben, die sich im Gegenstand dieser Erfindung verwirklicht findet. Nimmt man drei hypothetische Metalle H , M , N , dargestellt durch das Diagramm von Tait (Fig. 80) und setzt man voraus, daß die im oberen Teil

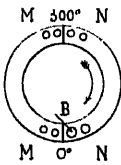


Fig. 81.

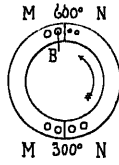


Fig. 82.

des Diagramms befindlichen Metalle das größere Anziehungsvermögen besitzen, so stellen die kleinen, längs der Linien befindlichen Kreise den Kompressionsgrad der elektrischen Moleküle dar. Wenn man diese Stäbe H , M , N an einem Ende erhitzt und das andere Ende auf 0° erhält, so sind drei Fälle möglich: 1. In dem Metall M ist die Gesamtheit aller Kräfte, welche die Elektrizität komprimieren, für alle Temperaturen dieselbe. 2. In dem Metall H wird die Elektrizität immer weniger komprimiert in dem Grade, in dem die Temperatur steigt. 3. In dem Metall N wird die Elektrizität immer mehr komprimiert in dem Grade, in dem die Temperatur steigt. Fig. 81 stellt ein Thermoelement aus den Metallen M und N dar,

das an den Lötstellen 0° und 300° hat. Fig. 82 veranschaulicht dieses Element zwischen 300° und 600° . Man bemerkt, daß bei 300° die Elektrizität keinen Widerstand findet, um von einem Metall auf das andere überzugehen, welches auch die Richtung des Stromes sein mag. Es ist der neutrale Punkt der beiden Metalle. Für alle Temperaturen unter dem neutralen Punkt ist die Anziehung stärker als die Kompression; für alle Temperaturen über dem neutralen Punkte ist die Kompression stärker als die Anziehung. Befindet sich die kalte Lötstelle bei 0° , die warme bei 300° (Fig. 81), so werden die elektrischen Moleküle B , die sich bei N befinden, an der kalten Lötstelle einer Anziehung nach M unterworfen. In dem Stab M haben die elektrischen Moleküle keinen Widerstand zu überwinden, um von dem einen Ende nach dem anderen zu gelangen. Dasselbe gilt nicht für den Stab N . Wenn man sich den Stab N der Länge nach in eine sehr große Anzahl kleiner Platten zerschnitten denkt, so hat jede kleine Platte eine Anziehungskraft und eine Kompression, die sehr wenig von ihrer benachbarten abweicht. Die Berührungsoberflächen werden eine EMK darstellen, die gleich der Differenz zwischen Anziehungskraft und Kompression ist. Alle diese Kräfte streben danach, die Elektrizität in die entgegengesetzte Richtung des Pfeiles zu treiben, während an der Lötstelle 0° sich die Elektrizität im Sinne des Pfeiles bewegen wird. Diese beiden Kräfte heben sich auf und können keinen Strom hervorbringen. Aber die eigentliche EMK des Elements, die Anziehung der Wärme für die Elektrizität, kommt zu Hilfe, um den Strom auf folgende Art zu erzeugen. Diese Anziehungskraft der Wärme ist größer als die kleine anziehende Kraft, welche die Elektrizität einer Platte nach der anderen zieht; sie kann demnach die Elektrizität einer kleinen Platte nach einer anderen, die ein geringeres Anziehungsvermögen besitzt, führen. Hierzu ist aber notwendig, daß diese Anziehung der Wärme einen Haltepunkt findet, und sie findet ihn in den Molekülen B , die in N und an der kalten Lötstelle gelegen sind und stark von dem Stab M angezogen werden. Die Anziehung der Wärme veranlaßt also, daß die Elektrizität in dem Stab N von der Lötstelle von 300° nach der von 0° zirkuliert, indem sie die Anziehungskraft aller kleinen Platten aufhebt; es bildet sich also ein elektrischer Strom im Sinne des Pfeiles.

Zur Herstellung von Thermosäulen nach diesem Prinzip bedient man sich statt der Stäbe zweckmäßig eigens hierzu hergestellter Platten. Man nimmt zwei große Platten aus einem gewöhnlichen Metall, preßt sie mit Hilfe von Bolzen (Fig. 83) zusammen, so daß die sich

berührenden Oberflächen gegen die Verbindung, die man auf den äußeren Oberflächen erzielen will, geschützt sind. Dann bringt man diese Platten in Gegenwart des anderen Körpers (Metall oder Metalloid) in einen derartigen Zustand, daß dieser andere Körper allmählich in die Platten eindringt. Diese Operation entspricht etwa der Zementierung von Stahl. Die Kohle dringt langsam in das Eisen ein, indem die Karburierung in dem Grade nachläßt, je mehr

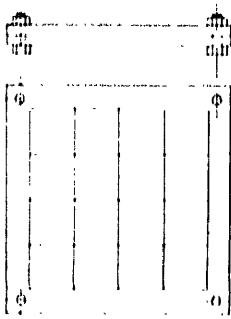


Fig. 83.

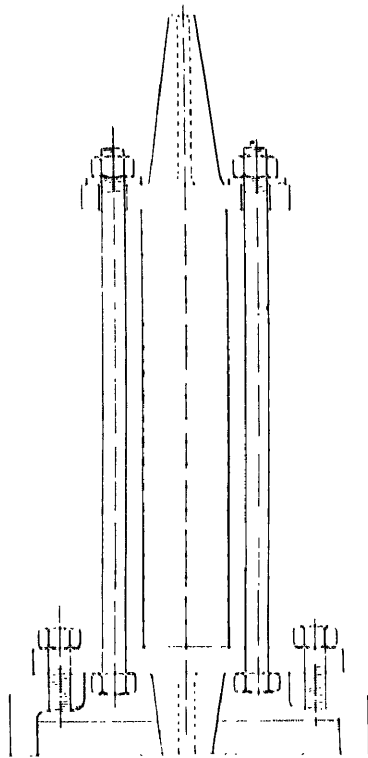


Fig. 84.

man sich von den äußeren Oberflächen entfernt. Bei der Herstellung dieser Platten unterbricht man natürlich die Operation, bevor die Kohle in die geschützte Oberfläche eingedrungen ist. Diese Methode läßt sich ebenso auch bei anderen Metallen ausführen, indem man Platten aus einem wenig schmelzbaren Metall in ein anderes geschmolzenes Metall bringt. Die Zusammensetzung der Säule ist sehr einfach. Alle kleinen Platten werden gegeneinander durch zwei Bolzen mittels zweier Klammern gepreßt (Fig. 84). Die Erwärmung erfolgt mit Hilfe von Öl, das sich in

einem Behälter befindet, auf dem die Säule montiert ist. Eine derartige Thermosäule soll ein Güteverhältnis von 30—40% erreichen, während bei Dampf- oder Gasmotoren nur 10—15% erhalten werden.

Diese Erfindung dürfte sich, so viel aus der Patentbeschreibung zu entnehmen ist, der von Bradley¹⁾ nähern, der außer einem bei der Arbeitstemperatur nicht schmelzenden Metalle ein anderes anwenden will, das an der heißen Stelle flüssig, an der kalten aber fest ist.

¹⁾ Am. P. 420764.

C. Vereinigung der Thermoelemente zu Säulen.

Die Vereinigung der Thermoelemente zu Säulen ist auf den vorhergehenden Seiten schon häufiger im Zusammenhange mit der Betrachtung anderer charakteristischer Merkmale der gemachten Erfindungen berührt worden. Unter diesem Hauptabschnitte sollen zur Ergänzung weitere Vorschläge besprochen werden, deren Betrachtung früher nicht möglich war. Die beiden Kapitel „Aufbau“ und „Heizung und Kühlung“ gehen teilweise in einander über, wie dies in der Natur der Sache liegt.

I. Aufbau.

Nach George Schaub ¹⁾ werden die Elektroden, Wismuth und Antimon, in übereinander liegenden Reihen angeordnet, die

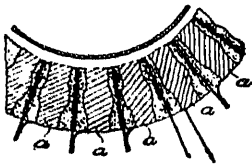


Fig. 85.

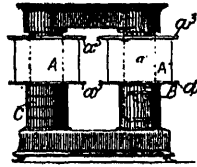


Fig. 86.

aus abwechselnd positiven und negativen Streifen bestehen. Das Ganze stellt einen Kasten mit vielen Seiten dar, der von Gasen in einem Kreisstrome geheizt wird. Die Streifen sind S-förmig und an den Enden zusammengelötet. Die Reihen sind voneinander durch Asbest isoliert. Züge für die Hitze, die unter dem Elementenkasten zugeführt wird, werden von inneren Rahmen oder gradlinigen Röhren gebildet. Die Flamme dringt aufwärts an die inneren Lötstellen der Elektroden, dann abwärts in die nächste Abteilung, dann wieder aufwärts, bis sie die freie Luft im inneren Abzugskanal erreicht.

¹⁾ E. P. 4269 vom 4. 11. 1876, Abb.

F. R. E. Branston²⁾ verbindet Thermoelemente a zu Ringen (Fig. 85) und stellt diese in Serie (Fig. 86) zwischen einem Paar durchbohrten Scheiben a^3 auf, die miteinander durch lange Bolzen verbunden sind. Das Ganze bildet einen Mantel A um die Verbrennungskammer B oder den Feuerkanal C eines Gas- oder Petroleum-Ofens.

Aus den früher²⁾ beschriebenen Elementen von Ernest F. Yost und William H. Smith baut Louis Siegfried Langville³⁾ eine Säule auf. Beispielsweise sind (Fig. 87 und 88) je

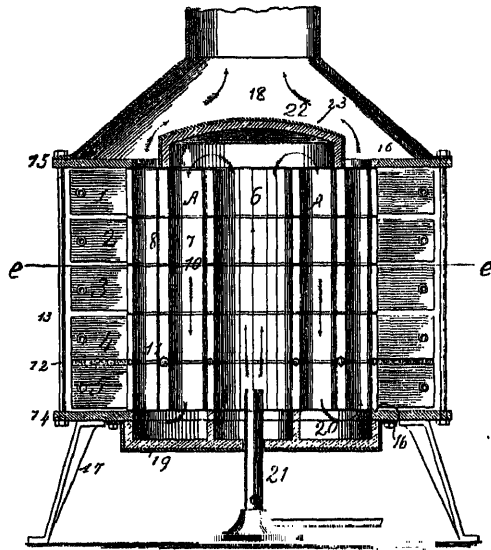


Fig. 87.

20 Elemente im Kreise zu einer Reihe und mehrere Reihen 1, 2, 3, 4, 5 übereinander angeordnet. Die Erhitzungsstücke A der einzelnen Elemente bilden dann einen zylindrischen mittleren Feuerungskanal 6 und zwei seitliche Züge 7 und 8. Die Stücke A der Elemente jeder Reihe sind durch Zwischenlager 9 von isolierendem Material und die der Elemente je zweier aufeinander folgenden Reihen durch Isolationsringe 10 getrennt. Diese können flach oder rund sein. In letzterem Falle liegen sie in Rinnen in den vorspringenden

¹⁾ E. P. 10371 vom 18. 6. 1891; vgl. a. De Contades, El. World 1892, 19, 246.

²⁾ Siehe Seite 65.

³⁾ E. P. 12 249 vom 6. 7. 1900.

Teilen von *A* (11 zwischen 4 und 5). Die kompakten Elementenkörper können durch Luftzwischenräume oder isolierenden Stoff 12 getrennt sein. Die Elementenreihen werden zusammengehalten durch Bolzen 13 zwischen runden Metallplatten 14 und 15, von denen die oberen und unteren Reihen durch Isolierungen 16 getrennt sind. Die untere Platte 14 ruht auf Schenkeln 17. Die obere Platte 15 trägt einen Schornstein 18. An der Unterseite der Platte 14 ist ein Deckel 19 mit Flansch befestigt, der eine ringförmige Scheidewand 20 und eine mittlere Öffnung für den Brenner 21 hat. Über der oberen Elementenreihe erstreckt sich ein geflanschter Deckel 22 über die beiden Kanäle 6 und 7. Die Deckel 22 und 19 können mit feuerbeständigem Stoff 23 ausgelegt werden. Die heißen Verbrennungsgase streichen, wie die Pfeile andeuten, in Kanal 6 aufwärts, in 7 abwärts, in 8 aufwärts und so nach dem Schornstein 18. Um Verbindungsstücke zu vermeiden, werden

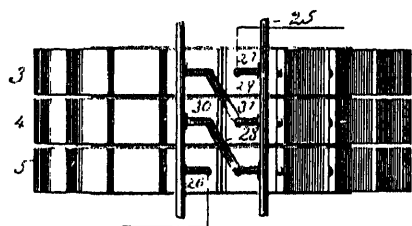


Fig. 88.

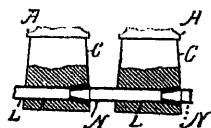


Fig. 89.

z. B. (Fig. 89) die Wasserröhren der Elemente einer Reihe so angeordnet, daß die Röhre *N* eines Elements die Röhre *L* des nächsten wird usw. Das eine Ende der vereinigten Röhren jeder Elementenreihe ist mit dem Haupteinflußrohr 24 (Fig. 90) verbunden, das andere mit dem Auslaßrohr 25. Zwischen die erwähnten Rohrenden und die Röhren 24 und 25 sind isolierende Verbindungsstücke 30, 31 gebracht, sodaß die vereinigten Röhren jeder Reihe parallel zu den Röhren 24 und 25 angeordnet sind. Die Pole befinden sich an den entgegengesetzten Enden der vereinigten Röhrenreihen des oberen und unteren Elementenkranzes. So geht in Fig. 90 der Strom von Pol 26 durch die Elemente der Reihe 5, von da durch die metallne Verbindung 28 zu den Elementen der Reihe 4, von hier durch 29 zu 3 und zu dem Pol 27.

Nach Franz Bitt¹⁾ werden Leiterstücke aus Kupfer oder Kupferlegierungen so zueinander angeordnet und durch isolierende

¹⁾ Öst. P.; Centralbl. Accum. 1905, 6, 233.

Zwischenwände von einander getrennt, daß zwischen ihren Stirnflächen Räume entstehen, die abwechselnd mit thermoelektrisch positiv und negativ wirksamen Substanzen gefüllt sind. An die Leiterstücke werden seitwärts ausladende Heiz- bzw. Kühlplatten angesetzt.

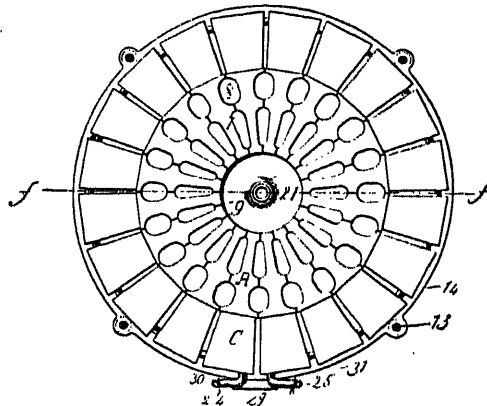


Fig. 90.

Eine Reihe von Leiterstücken kann bügelförmig oder ringförmig zugeführt sein, zur Aufnahme eines Kühlmittels.

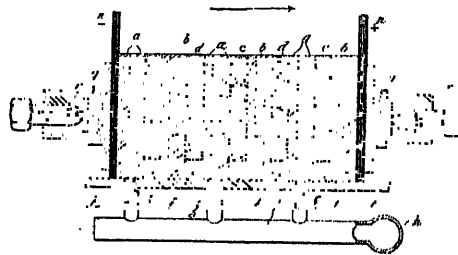


Fig. 91.



Fig. 92.

Bei einer sehr wirksamen Thermostüle (Fig. 91 und 92) besteht nach Léon Bénier¹⁾ jedes Element aus einer Reihe gegen-einander gepreßter Platten, die von viererlei Art sind, und zwar: 1. Eine Platte *a* aus einem der gewöhnlichen Metalle (wie Kupfer, Gußeisen, Aluminium), das Wärme und Elektrizität gut leitet. Sie wird an beiden Berührungsflächen auf dieselbe Temperatur erhitzt.

¹⁾ E. P. 8985 vom 1. 5. 1901; D. P. 132 924 vom 2. 5. 1901.

2. Eine ähnliche Platte b , die aber kalt gehalten wird. 3. Eine Platte c aus einem der Bestandteile des elektromotorischen Paares. 4. Eine Platte d aus dem andern Bestandteil. Diese Platten werden in folgender Reihenfolge angeordnet: eine heiße Platte a , eine Platte c , eine kalte Platte b , eine Platte d , eine heiße Platte a u.s.f. Die metallischen Platten a und b spielen keine Rolle zur Erzeugung einer E M K, sie dienen vielmehr nur als Leiter der Wärme und Elektrizität. Dagegen stellen die Platten c und d , die sogen. Generatorplatten, das thermoelektrische Paar dar. Diese Anordnung ist ökonomisch, da sie erlaubt, die Generatorbestandteile nur an ihrer Berührungsfläche, dem einzigen für die Erzeugung der E M K geeigneten Punkte zu erhitzen. Wenn man die Generatorbestandteile auf allen Flächen, außer auf denen der Berührung, durch eine Platte e isoliert, werden sie nur an einem einzigen Punkt, nämlich wo es nötig ist, an der Berührungsfläche, gekühlt. Auf diese Art kann der Wärmeverlust durch Leitung in dem gewünschten Verhältnisse vermindert werden, indem man jedem der Bestandteile c und d , die in Pulverform oder geschmolzen verwendbar sind, eine geeignete Dicke gibt. Das Pulver wird eingestampft oder das geschmolzene Metall eingegossen in den durch eine isolierende U-förmige Packung f zwischen den Leiterplatten a und b gebildeten Hohlraum. Die Platten a werden mit einem Kanal g gegossen, durch den heiße Gase streichen. Diese gehen erst durch eine zentrale Leitung h und von hier durch Zweigleitungen i , über denen die Elemente angeordnet sind, von denen jedes auf einer isolierenden Unterlage k ruht. Die Platten b werden durch einen Strom kalter Luft gekühlt, der durch die Gänge m in ihrem Innern streicht. Der Zug der kalten Luft wird unterstützt durch die ausströmenden heißen Gase. Bei kleinen Elementen können die Platten a und b voll gemacht und aus einem Metallstab ausgeschnitten oder ausgestanzt werden. Die kalten Platten springen dann an einer, die heißen an der anderen Seite vor (Fig. 92). Jedes Element endet in Platten n und p zum Sammeln des Stroms. Auf diesen sitzen Gummiplatten q oder Metallfedern, die eine Ausdehnung der Platten ermöglichen. Das Ganze wird durch Schrauben r zusammengepreßt. Die obige Anordnung ist hauptsächlich für die Benutzung von Generatorteilen c und d , die schlechte Wärmeleiter sind, getroffen worden.

Früher wurde häufig gebraucht die in Fig. 93 dargestellte Clamond'sche Säule, die von Ch. Clamond und J. Charpentier¹⁾

¹⁾ Compt. rend. 1885, 100, 985; Ztschr. Elektrot. 1888, 6, 357, Abb.; Lum. él. 1888, 28, 70.

angegeben worden ist. Sie besteht aus Platten aus Nickel oder verzinnem Eisen einerseits und Klötzchen der Legierung 50 Antimon + 50 Zink andererseits. Die Elemente sind in feuerfeste Tonstücke in Form einer dünnen zylindrischen Wand eingefügt, von der vertikale Scheidewände strahlenförmig abstehen. Sind die Eisen- oder Nickelplatten in den Fächern an jenen Plätzen verteilt, die sie einnehmen sollen, so vollzieht sich der Guß der Legierung für einen ganzen Kranz auf einmal in der Form, welche die Elemente enthalten soll. Das Stück feuerfesten Tons, das die Elemente gegen

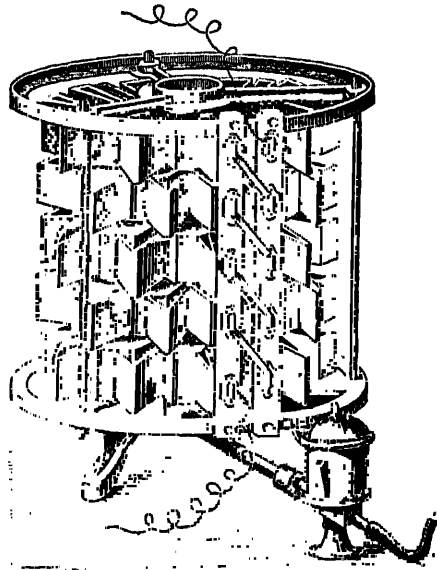


Fig. 93.

zu hohe Erhitzung sichern soll, würde ihnen gleichzeitig als Form dienen, wenn sie etwa doch schmelzen sollten. Eine gewisse Anzahl aufeinandergesetzter Kränze bildet eine Säule. Die Chamottestücke sind durch Pressung in sehr genauen Formen hergestellt und fügen sich genau ineinander. Die Montierung und Demontierung ist einfach. Der Brenner ist ebenfalls mit einem Rohr aus feuerfestem Ton versehen, das in der Mitte der Säule angebracht ist. Die Gaszufuhr wird durch einen kleinen Wasserregulator konstant gemacht. Ein Ventil schließt bei steigendem Gasdrucke die Eintrittsöffnung teilweise und gibt sie bei schwächer werdendem Drucke wieder frei. Es kamen zwei Modelle in den Handel.

Modell I enthält 12 Kränze mit je 10 Elementen kleiner Form. Bei normalem Gange sind die Konstanten 8 V und 3,2 A. Modell 2 besteht aus Kränzen mit je 10 Elementen großer Form. EMK 3,6 V. Wi 0,65 O. Beide Modelle haben einen stündlichen Gasverbrauch von 180 l.

Zum Aufbau einer Säule, besonders aus den früher beschriebenen Elementen¹⁾, ordnet Julius Walbrecht²⁾ die einzelnen Elemente *a* (Fig. 94 und 95) in Kränzen gegeneinander an und bettet sie in einen feuerfesten elektrisch isolierenden Kittring, meist in

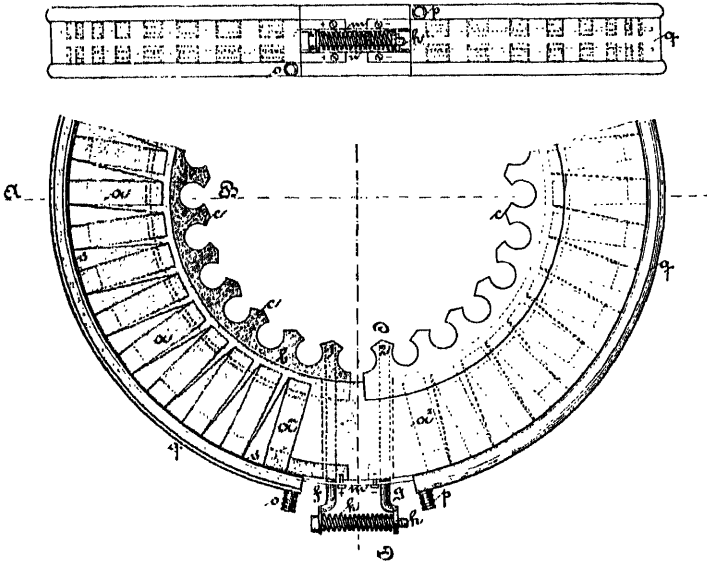


Fig. 94 und 95.

zwei Kranzlagen über einander, ganz und gar ein. Jeder Kranz von Elementen hat eine Unterbrechung in dem Kittring (Fig. 94). Von den beiden an der Unterbrechung stehenden Elementen *a''* und *a'''* gehen an den äußeren Polen metallne Leitstücke ab. In den Ring ist innen ein gußeiserner Ring *b* eingesetzt, der mit einer großen Anzahl radial nach innen stehender Zacken *c* versehen ist. Mit scheibenartigen, nach außen vorspringenden und in den Kittring eingelassenen Rändern *d* und *d¹* umfaßt jenen der Gußeisenring

¹⁾ Siehe Seite 61.

²⁾ D. P. 43367 vom 18. 10. 1887.

(Fig. 96). Der eine Rand d wird als besonderer Ring beim Ineinandersetzen der verschiedenen Ringe auf den Hauptgußeisenring aufgesetzt. Werden eine Anzahl der Batterieringe zu einer Säule aufeinander gelegt, so bilden die Zacken mit einander Rippen, die mit der Säulenachse parallel und um diese herum im Kreise konzentrisch stehen, und einen Feuerungsrost



Fig. 96.

für das in die zentrale Höhlung der Batteriesäule eingeworfene Brennmaterial bilden. Außen auf den abgedrehten Rand jedes Batterieringes ist zur Isolierung der hier mit der Kittoberfläche bündig liegenden

Kopfflächen der einzelnen thermoelektrischen Elemente von einander ein Glimmerstreifen ringsum gelegt. Diesen umschließt dann ein Stahlband s , das, wie der Glimmerstreifen, so breit, wie der Batteriering hoch ist. Stahlband und Glimmerstreifen laufen nicht vollständig ringsum, sondern decken nur die Elemente von deren Unterbrechungsstelle im Kranz bis wieder zu dieser hin. Zusammen und am Kittring festgehalten werden die Umlagen durch zwei starke Stahldrähte m und n , die vollständig ringsum laufen, fest angeschnürt und dann sicher in sich geschlossen sind. Auf den oberen und den unteren Rand des Stahlbandes ist endlich eine aus dünnem Blech gezogene Leiste ringsum aufgelötet, so daß sie von der Stahlbandfläche in Abstand bleibt und einen an den Enden des Bandes geschlossenen Kanal bildet. In diesen Kanal wird durch den Einlaß o Kühlwasser eingeführt. Durch den Auslaß p fließt dieses erwärmt wieder ab. In dem gleichsam ein Ofenfutter bildenden gußeisernen Ring b befindet sich also im Betriebe der Batterie eine glühende Kohlsäule, die unten auf einem festen Chamottekegel aufrucht und ihre Verbrennungsluft am Umfange ringsum erhält, wo die Luft zu ihr zwischen den roststabartigen Rippen emporsteigt. Diese bewahren auch das Ofenfutter, d. h. die Gußeisenringe, an denen sie selbst sitzen, vor Rotglut und verhindern das Zerschmelzen der thermoelektrischen Elemente. Damit die Ringe b bei ihrer Erwärmung den Kittring nicht zersprengen, sind sie an der Stelle zwischen den Zacken 1 und 2 auf- und etwas eingeschnitten. Dabei soll aber doch der Eisenring mit seiner genau rund gedrehten Außenfläche immer ringsum dicht an dem Kittring anliegen, damit die einzelnen Elemente alle gleich hohe Erwärmung an den inneren Polen erhalten. Deshalb gehen von den Enden des eisernen Ringes an der Schnittstelle zwei Bolzen f und g durch eine längliche Aussparung in der Kittmasse an der Stelle, an der die Elementenkränze

unterbrochen sind, nach außen hinaus (Fig. 94 und 97). Zwischen diesen Bolzen sitzt außen, also unberührt vom Feuer, auf einem Querbolzen *h* eine Schraubenfeder *k*, welche die Bolzen *g* und *f* und damit die Enden des eisernen Ringes in der Schnittstelle von einander preßt. Auf diese Weise wird auch der Eisenring unter der Feuerwirkung vor Gestaltveränderung bewahrt.

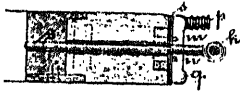


Fig. 97.

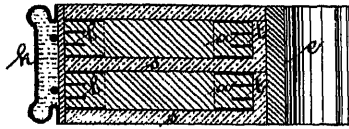


Fig. 98.

Statt die Elementkränze vollständig in eine feuerfeste gehärtete Kittmasse einzubetten, kann man¹⁾ (Fig. 98 u. 99) zu den Zwischenlagen zwischen den Kränzen verhältnismäßig dünne Scheiben *s* aus hart gebranntem Ton nehmen, die an ihrer inneren Ringkante einen emporstehenden Rand *t* haben. Auf die zylindrische Ringinnenfläche der Ränder *t* legt sich das eiserne, den Batteriefederungsrost bildende

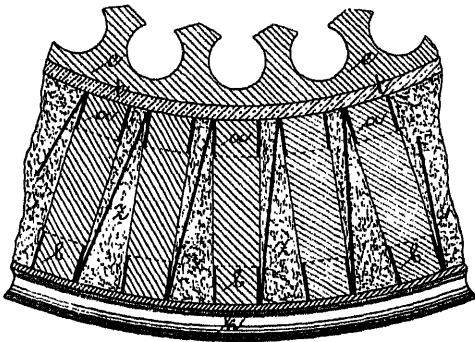


Fig. 99.

Ofenfutter *e* glatt an, und gegen die entgegenstehenden zylindrischen Flächen der emporstehenden Tonränder werden die einen Polenden *a* der einzelnen Elemente gestoßen. Die anderen Elementenenden *b* liegen genau bündig mit dem äußeren Rand der Tonscheiben *s*. Ist ein so auf einer Tonscheibe *s* geordneter Elementenkrantz mit

¹⁾ D. P. 47969 vom 13. 11. 1888; Zusatz zu D. P. 43367 vom 18. 10. 1887.

einer zweiten Tonscheibe s bedeckt und dadurch nach oben begrenzt, so werden die radial stehenden Zwischenräume z (Fig. 99) zwischen den einzelnen Elementen mit einem Brei ausgegossen, der aus Wasserglas und gepulverter Kreide dazu immer frisch gemischt wird. Der äußere Zylinderflächenumfang mehrerer so auf einander gebrachter Thermoelementenkränze wird dann mit der Kühlvorrichtung k versehen.

Jesse Oliver¹⁾ will die Elemente in Spiralforn anordnen, um die Herstellung der Säule zu erleichtern, Selbstinduktion möglichst auszuschließen und die Potentialdifferenz erheblich zu vermehren. Die positiven Teile A (Fig. 100) werden von einer Legierung aus 2 T. Antimon, 1 T. Zink und 2 % Aluminium gebildet und sind in Segmentform im Ringe angeordnet, sodaß die schmalen Enden alle nach dem Mittelpunkte gehen. In das Ende jedes positiven Teils ist das Ende des benachbarten negativen B eingegossen, das

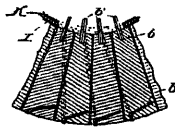


Fig. 100.

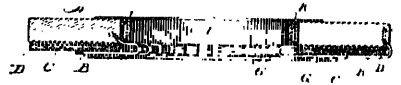


Fig. 101.

aus einer Eisen- oder Stahldrahtlitze besteht. Die Hauptteile der positiven und negativen Stücke liegen in verschiedenen Ebenen, sodaß der Ring spiralförmig wird, und eine Seite jeder Windung aus einem negativen, die andere aus einem positiven Stück besteht. Induktion zwischen den positiven und negativen Stücken wird dadurch verhindert, daß ein metallischer, am besten magnetischer Schirm zwischen ihnen angeordnet wird. Dieser Schirm besteht aus einem flachen, aus dünnen Platten zusammengesetzten Eisen- oder Metallring C , der von den positiven und negativen Stücken durch feuerbeständigen Stoff D isoliert ist. Die positiven Stücke sind gleichfalls durch Zwischenlagen aus Asbest oder Glimmer von einander isoliert, die kleineren negativen durch einen Asbestring E , der gleichzeitig die benachbarten Ringe in gehörigem Abstände hält. Er bedeckt die negativen Stücke vorteilhaft nur in der Nähe der innersten Enden, damit die äußeren durch Strahlung Abkühlung erfahren können. Diese kann erhöht werden durch Wasserzirkulation

¹⁾ Am. P. 660305 vom 8. 2. 1900; übertragen auf Thomas Battle Turley und West James Crawford; auf letztere beide geht das E. P. 18904 vom 23. 10. 1900.

oder durch Verdunstung von Feuchtigkeit. Die negativen Teile werden nach dem Innern zu über die positiven hinaus durch Fransen verlängert, die direkt mit der Luft oder den heißen Verbrennungsprodukten in Berührung kommen, während die inneren Enden der positiven Elektroden durch einen isolierenden Ring *I* aus feuerfestem Material geschützt sind. Dieser Ring kann auch einen Schild in Form eines Metallringes *K* erhalten, der die Induktion zwischen den Elektroden vermeiden hilft und gleichzeitig als Form dient, um welche die Elektroden in regelmäßiger Ordnung gruppiert werden können. Um den Kontakt zwischen den Elektroden auch bei wechselnder Temperatur gut zu erhalten, werden die Enden der negativen Eisen- oder Stahldrahtlitzen mit einem Lot (vorteilhaft aus 2 T. Zinn, 1 T. Wismuth, 1 T. Blei und $\frac{1}{4}$ T. Aluminium) überzogen. Dann gießt man die positiven Elektroden herum. Ein Ring aus (Fig. 101) dreißig Elementen von 13,5 cm Durchmesser und 1,25 cm Dicke gibt 1,8 V. und 2 A. ohne künstliche Kühlung, bei Erhitzung durch einen einfachen Brenner. Die Erhitzung kann natürlich auch außen und die Kühlung innen vorgenommen werden.

Eine „Parallelsäule“ hat H. W. Dove¹⁾ angegeben, da bei der gewöhnlichen, z. B. von Nobili angewandten, Konstruktion der Thermosäulen die Endigung der abwechselnden Stücke in zwei horizontalen Flächen sehr unbequem ist, wenn man durch Thermometer die an den abwechselnden Enden vorhandene Temperatur messen, oder die Schmelzpunkte von Substanzen ermitteln will. Die Parallelsäule beseitigt diesen Übelstand. Ein horizontaler, 36,6 cm langer, 3,7 cm breiter, durch einen Achsenschnitt entstandener halber Zylinder von einer isolierenden Substanz ist mit 100 gebogenen Eisen- und Platindrähten bedeckt, die seine Peripherie in der Weise berühren, daß alle Eisendrähte in einer rechts, alle Platindrähte in einer links gewundenen Spirale liegen, die zusammengeflochtenen, unten gleich weit hervorragenden Enden aber zwei der Axe des Zylinders parallele Linien bilden. Diese tauchen in zwei eben so lange, 1,6 cm breite, hartgelötete Messinggefäße, zur Aufnahme des Öls oder einer Flüssigkeit, ein, unter denen sich eben so lange Kästchen mit Schiebern befinden, die als Lampen dienen. Die Temperatur in den oberen Kästchen kann nun leicht durch Thermometer bestimmt werden. Die Enden des Eisen- und Platindrahtes sind je um einen Kupferstift gewickelt und bilden die Pole der Säule. Diese Konstruktion bietet außerdem den Vor-

¹⁾ Pogg. Ann. 1838, 44, 592, Abb.

teil, daß man durch Verschieben der Kästchen eine beliebige Anzahl Paare in Wirksamkeit setzen kann, wobei die ausfallenden Paare als verlängerte Poldrähte dienen. Eine Holzleiste an der oberen Seite des Zylinders drückt die Drähte fest. Die Dicke des Eisendrahts ist 0,7 mm, die des Platindrahts 0,35 mm.

E. Angrick¹⁾ baut eine Art Füllofen aus Doppelringen auf, deren aus Eisen- und Kupferstäben bestehende Einzelringe durch eine Kittmasse zu einem Ganzen vereinigt sind. Die Außenflächen sind zur Aufnahme eines durch eine dünne Glimmerschicht isolierten Kühlrohrs ausgedreht. Letzteres kann fast ganz von den Elektroden

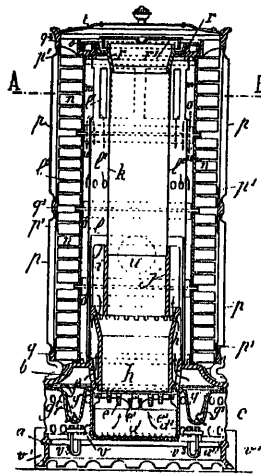


Fig. 102.

eingeschlossen werden und besteht aus parallel geschalteten Röhren. Zur besseren Wärmeaufnahme stehen die Enden der Kupferelektroden nach innen etwas vor. Zur Herstellung der Ringe formt man einen ganzen Ring mit Kernmarken ein, setzt genau in diese die Kerne mit den Kupferelektroden ein und füllt die Form mit recht heißer Eisenmasse. Nach dem Herausnehmen und Verputzen der Gußstücke werden die Ringe durchgeschnitten und die Schnittstellen mit Asbest ausgefüllt. Gleichzeitig wird die Höhlung zur Aufnahme des Kühlrohrs hergestellt. Auf diese Weise soll der elektrische Widerstand erheblich verringert und eine stärkere Erhitzung und Ausnutzung der Batterie als

gewöhnlich ermöglicht werden.

Auch die Thermosäule von Dr. Paul Giraud²⁾ hat die Form eines Füllofens (Fig. 102). Dieser kann nebenbei zum Heizen von Räumen benutzt werden. Giraud geht dabei von dem Gedanken aus, daß die schwache Ökonomie der Thermosäulen eine ganz andere wird, wenn man die Elektrizität nicht mehr als Hauptprodukt beansprucht, sondern als Nebenerzeugnis verwendet. Eine gleichmäßige Erwärmung soll dadurch erreicht werden, daß durch Anordnung einer den Füllschacht *k* umgebenden Wandung *l* ein auf den Feuerraum aufgesetzter Abzugskanal für die Verbrennungsgase geschaffen wird, die von da aus erst durch Öffnungen *l*¹ *l*², die in

¹⁾ D. P. 99149 vom 3. 10. 1897, Abb.

²⁾ D. P. 70290 vom 11. 12. 1891; E. P. 7822 vom 6. 5. 1891; Lum. él. 1893, 47, 231.

zwei verschiedenen Höhenlagen in der Wandung l angeordnet sind, in einen zweiten mit Zwischenwänden $u^1 u^2$ versehenen Schacht gelangen, auf dessen einer Seitenwandung m die zu erwärmenden Pole der Thermolemente n gelagert sind. Die abzukühlenden Pole der Elemente umhüllt ein aus mehreren Abteilungen bestehender Wellblechmantel, durch den eine vorteilhafte Luftströmung dadurch erreicht werden soll, daß die Wellen am oberen und unteren Ende jeder Abteilung zur Herstellung von Durchtrittsöffnungen abgeschrägt sind. Die einzelnen Elemente bestehen¹⁾ aus je einem flachen Stück Nickel- oder Weißblech und einer Legierung, die in der Hauptsache aus Antimon und Zink unter Hinzufügung einer geringen Menge anderer Metalle zusammengesetzt ist. Die Mischung ist so gewählt, daß die Stücke die nötige Festigkeit und Haltbarkeit bekommen. Jedes Element ist mit einer Umhüllung von Asbest versehen und in ein aus Eisenblech gestanztes viereckiges Kästchen eingelegt. Dabei sind die Elemente in Reihen geschaltet, um die nötige elektrische Spannung zu erhalten. Die Zirkulation der heißen Luft ist derart geregelt, daß die inneren Seiten durch die am Ofen emporsteigende Zimmerluft eine niedere Temperatur erhalten, wodurch der zur Erzeugung des elektrischen Stromes nötige Temperaturunterschied herbeigeführt wird. Ein solcher elektrischer Thermoofen soll eine EMK von 40 V. und eine Stromstärke von 4 A. erzeugen.

Ein Ofen mit 700 hintereinander geschalteten Elementen (Weißblechplatten) gab nach H. Wuilleumier²⁾ bei offenem Stromkreise 35 V., bei geschlossenem 17,5 V. und 2,5 A. = 43,75 W. Die Energie läßt sich bis auf 46 W. treiben, aber auch bis unter 30 W. regeln. $W = 7$ O heiß, 6,1 O kalt. Der Ofen verbraucht täglich 28 kg trockenen Koks oder 38 kg Magerkohle, sodaß 1 Kw.-Std. auf 1,20 M. kommt, wofür man noch die Heizung hat. Öfen mit Nিকেlementen geben³⁾ 40 V., aber nur 40 nutzbare Watt. Dazu kommt, daß sie einen größeren Widerstand haben und teurer sind.

Schon James Baker⁴⁾ hat übrigens einen zylindrischen Ofen sternförmig mit Thermolementen umgeben, die in kreisförmigen Lagen übereinander aufgestellt sind. Die inneren Enden der Elemente nähern sich dem Ofen, ohne ihn zu berühren. In geringer Ent-

¹⁾ Techniker N. Y.; Elektrot. Rundsch. 1900, 17, 80.

²⁾ L'Electricien 1891 [2] 2, 24, Abb.

³⁾ The El. Rev. 1891, 28, 625, Abb.; vgl. auch ebenda S. 578; Elektrot. Ztschr. 1891, 12, 287.

⁴⁾ E. P. 1135 vom 21. 4. 1866.

fernung von diesen inneren Enden sind die Metallpaare miteinander durch isolierendes feuerfestes Material verbunden, das einen äußeren den Ofen umgebenden Zylinder bildet. In gewisser Entfernung von diesem befindet sich noch ein anderer ähnlicher Zylinder. Der Zwischenraum zwischen beiden ist mit Ziegelstaub oder sonst einem die Wärme nichtleitenden Material ausgefüllt. Nicht weit von den äußeren Enden der Paare ist ein anderer Zylinder derselben Art angebracht. Die von dem inneren isolierenden Zylinder und dem zylindrischen Ofen gebildeten Enden werden verschlossen. Das obere Ende aber ist mit einem Apparat für die Luftzufuhr versehen. Die Enden des übrig bleibenden äußeren Zylinders werden nach Bedarf geöffnet oder geschlossen. Ein runder Trog am oberen Ende des äußeren Zylinders ist mit Röhren versehen, durch die Wasser, das mit Spiritus vermischt sein kann, herabfließt und die äußeren Enden der Thermoelemente durch Verdampfung kühlt.

Bei einer anderen Konstruktion¹⁾ gehen der Rauch und die erhitzte Luft vom oberen Teil des Ofens zwischen diesem und einem ihn umgebenden Metallgehäuse nach einem Schornstein. Das Gehäuse ist luftdicht und absorbiert die Wärme der abziehenden Gase. Es ist mit einem Regulierventil versehen, so daß bei zu hoher Temperatur die erhitzte Luft das Ventil hebt und einen kalten Luftstrom einläßt. Rund um das Gehäuse sind isolierte Thermolemente angeordnet.

Zum Zusammenbau der Elemente werden²⁾ die thermoelektrischen Stäbe mit Rinnen oder Vertiefungen der Länge nach versehen, in die das Ende eines Leitungsdrahtes, und zwar in der Nähe ihrer erhitzten Stellen, eingefügt und vergossen wird. Die Drähte (durch Pfeifentonröhren isoliert) und die Stäbe sind nebeneinander angeordnet. Der Leitungsdraht des einen Stabes ist mit dem entgegengesetzten Ende des nächsten Stabes verlötet. Wird die Temperatur zu hoch, so entwickelt sich Dampf, der das Feuer mäßigt. Zum Verstärken der Ströme dient ein Elektromagnet, der eine Spule mit Compound-Leiter hat, zum Sammeln ein Kommutator, der aus einer rotierenden Walze oder Feder auf einer festen Scheibe oder einem festen Zylinder besteht.

Zwei rotierende Scheiben aus verschiedenen Metallen, von denen die eine erhitzt ist, bringt Th. A. Edison³⁾ zur Berührung, um den Temperaturunterschied möglichst groß zu machen.

¹⁾ E. P. 1718 vom 27. 6. 1866.

²⁾ E. P. 3351 vom 20. 12. 1866.

³⁾ Am. P. 434587.

Das Verfahren von Gustav Meyer¹⁾ liefert Ströme von hoher Periodenzahl dadurch, daß eine intermittierende Beheizung der einzelnen Lötstellen in selbsttätiger Weise bewirkt wird²⁾. Der erzeugte Wechselstrom kann ein- oder mehrphasig sein oder auch zu Gleichstrom gewendet werden. Fig. 103 zeigt teilweise in der Seitenansicht, teilweise im senkrechten Schnitt und Fig. 104 im

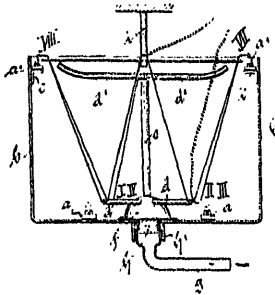


Fig. 103.

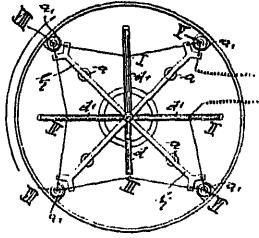


Fig. 104.

Grundriß ein Thermoelement für Wechselstrom, bei dem diese Wirkung dadurch hervorgebracht wird, daß die Wärmequellen gegen

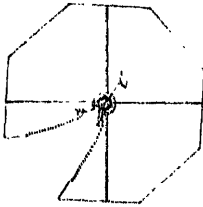


Fig. 105.

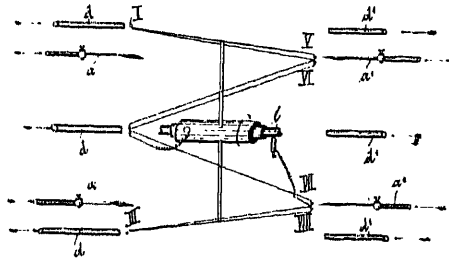


Fig. 106.

das Thermoelement sich bewegen. Beispielsweise sind acht Wärmequellen (Spiritusbrenner) $a a^1$ vorhanden, von denen die vier mit a bezeichneten am Boden eines um eine senkrechte Achse drehbaren Gehäuses b im Bereiche der unteren Lötstellen I bis IV befestigt sind. Die Wärmequellen a^1 für die oberen Lötstellen V bis VIII werden von Konsolen c am Mantel des Gehäuses b getragen. Die

¹⁾ D. P. 83170 vom 24. 11. 1894; Ztschr. Elektrot. 1895, 622.

²⁾ Einen ähnlichen Gedanken hat einige Jahre früher schon R. Mewes (Neuzeit 1892; Kraft u. Masse, Berlin 1894, II, 22) ausgesprochen.

Wärmequellen $a a^1$ sind aber soweit gegen einander verschoben, daß eine Beheizung der Lötstellen I bis IV und derjenigen V bis VIII abwechselnd stattfindet. Die jeweilig unbeheizten Lötstellen befinden sich im Bereiche von Strahlen kalter Luft, die den vier tiefer gelegenen Röhren d und den vier höher gelegenen d^1 entströmen. Diese Röhre verlaufen radial und stehen durch ein Rohr c

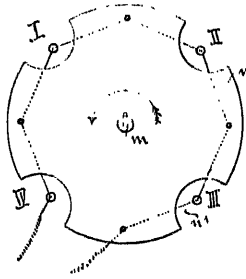


Fig. 107.

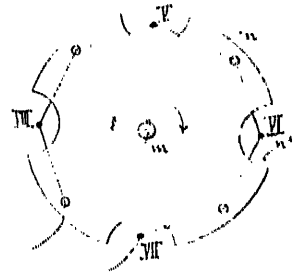


Fig. 108.

miteinander und mit einem am Boden des Gehäuses b befestigten halbkuguligen Behälter f in Verbindung. In den letzteren mündet

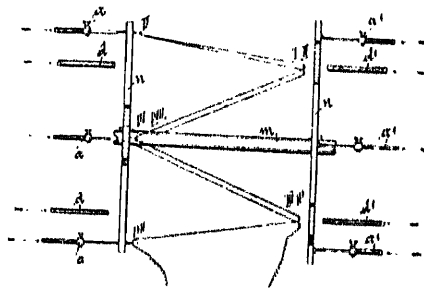


Fig. 109.

ein von einem Gebläse herkommendes Rohr g ein. In dieses reicht eine am Boden des Gehäuses b für dessen Drehung befestigte Turbine h hinein. Das Thermoelement wird durch die Stange i mit Kreuz k getragen, während der Hohlzapfen h^1 des Gehäuses b zusammen mit dem Luftzuführungsrohre g die Stützung des Gehäuses b bewirkt. Bei der zweiten, ebenfalls für Wechselstrom bestimmten Ausführungsform nach Fig. 105 u. 106 stehen die Kühlrohre $d d^1$ und die Brenner $a a^1$ fest, während das Element I bis VIII durch eine Welle l drehbar gemacht ist. Nach Fig. 107 bis 109 stehen

Thermoelement, Brenner und Kühlröhre fest. Dafür ist eine Welle m vorgesehen, die zwei Schirme n n^1 trägt. Die letzteren sind mit Lücken n^1 derart ausgerüstet, daß die Lötstellen I bis IV an dem einen Ende des Elements beheizt, V bis VIII an dem anderen Ende gekühlt werden. Es ist klar, daß man aus diesen Elementen solche für Gleichstrom und Mehrphasenstrom bilden kann, wenn man die Lötstellen und Wärmequellen in derselben Weise schaltet, wie dies bei dynamoelektrischen Stromerzeugern gebräuchlich ist. Man kann die Lötstellen oder Wärmequellen durch den thermoelektrischen Strom selbst unmittelbar oder nach Umformung in Gleichstrom drehen. Die einzelnen elektrischen Antriebsvorrichtungen werden am besten parallel geschaltet. Wenn die Lötstellen stillstehen, kann man die Brenner beweglich, die Kühlvorrichtung fest machen. Dabei müssen jedoch die Brenner mehr Wärme zuführen, als die Kühlvorrichtungen ableiten können. Ebenso können auch die Kühlvorrichtungen als vorwiegender Teil zeitweise an die dauernd einander gegenüber stehenden Lötstellen und Brenner herangedreht werden, sodaß zeitweise eine Unterbrechung der Beheizung stattfindet. Man kann auch alle drei Teile, nämlich die Lötstellen, die Brenner und die Kühlvorrichtungen feststehend anordnen. Dabei können entweder die Brenner und Kühlvorrichtungen (beispielsweise durch Ventilsteuerungen) abwechselnd in Wirkung gesetzt werden oder die Brenner dauernd wirken und die Wirkung der Kühlvorrichtung verändert werden oder umgekehrt.

II. Heizung und Kühlung.

In das Heizgehäuse aus gebranntem Tone bringen Cecil und Leonard Wray jun.¹⁾ einen Drahtgazezylinder, der die Gase verteilt und Explosionen beim Entzünden und Auslöschen des Brenners verhindert.

Ein Sicherheitsventil, das aus zwei Metallen von verschiedenem Ausdehnungskoeffizienten besteht, setzen W. S. de L. Roberts und J. S. Mollison²⁾ auf die nach oben sich verengende Heißluftkammer, um die die Thermoelemente geneigt angeordnet sind, auf. Bei zu starker Hitze lüftet die Ausdehnung des Metalls ein Ventil, sodaß die heiße Luft entweichen kann.

¹⁾ E. P. 976 vom 6. 3. 1876, Abb.

²⁾ E. P. 46 vom 1. 1. 1889, Abb.

Des Sauerstoffs beraubte Luft will Edward Henry Cradock Monckton¹⁾ zum Erhitzen von Thermoelementen aus Antimon Wismuth und Arsen benutzen.

Die Heizkraft des Petroleums will John Carter Ramsden in einem Ofen, in den die einen mit Porzellanröhren bekleideten Enden der Thermoelemente hineinragen, dadurch beträchtlich erhöhen, daß er mit Petroleumdampf oder -Sprühregen Wasserdampf mengt.

Nach John Mickle²⁾ kann man die durch Verdunstung erzeugte Kälte und die bei der Kondensation von Dampf gewonnene Wärme zum Betriebe von Thermosäulen verwenden.

Die Sonnenwärme zum Beheizen von Thermosäulen zu benutzen³⁾, ist wiederholt vorgeschlagen worden, so z. B. von Joseph Stokes Williams⁴⁾, der die Sonnenstrahlen unmittelbar oder eine von ihnen erwärmte Flüssigkeit verwenden will. Auch Jobert will bei einer Säule aus Eisen-Neusilber-Elementen die Sonnenwärme nutzbar machen, die er mit Hilfe eines elektrischen nach Art eines Heliostaten gedrehten Reflektors auf eine Reihe Lötstellen konzentriert. Bei der Konstruktion von Reagan⁵⁾ folgen die Thermoelemente dem Brennpunkte der Sonnenstrahlen. Ebenso schlägt Severy außer Abdampf⁶⁾ die Sonnenwärme⁷⁾ zum Betriebe seiner Thermosäulen vor, bei denen die Elemente auf verstellbare Bogenrahmen angeordnet sind, und Kühlvorrichtungen die Wirkung vervollständigen.

Robert Harty Dunn und Samuel Sidney Bromhead betten Thermoelemente so in eine nichtleitende feuerbeständige Masse ein, daß nur die oberen oder abwechselnden Lötstellen freibleiben, während die unteren thermisch und elektrisch völlig isoliert sind. Mehrere dieser nicht zu dicken Körper verwendet man als einen Teil oder als Ganzes eines Daches oder einer Seitenwand eines geschlossenen Raumes, wobei die oberen Lötstellen in solcher An-

¹⁾ E. P. 265 vom 21. 1. 1874, Abb.

²⁾ E. P. 108 vom 8. 1. 1881.

³⁾ Phil. Mag. 1863 [4] 26, 435.

⁴⁾ Dieses wird in großen Batterien nach Asher (Scient. Am. 29. 3. 1900 Centralbl. Accum. 1902, 3, 135) schon rentabel, wenn es gelingt, nur 2% der Gesamtenergie der Sonnenstrahlen auszunutzen.

⁵⁾ E. P. 700 vom 13. 2. 1882, Abb.; E. P. 5109 vom 27. 10. 1883, Abb.

⁶⁾ Am. P. 588177.

⁷⁾ Am. P. 527378.

⁸⁾ Am. P. 527377 u. 527379.

⁹⁾ E. P. 14033 vom 7. 7. 1899, Abb.

angeordnet werden, daß eine möglichst große Zahl auf eine möglichst kleine isolierende Oberfläche kommt. Die beiden nicht vereinigten Enden der Reihe von Lötungen werden außerhalb des Blocks durch einen gut leitenden Draht verbunden. Das isolierende Material kann transparent oder opak sein. Über jeder freiliegenden Lötstelle wird eine doppelt konvexe Linse oder ein Brennglas angebracht, das die Sonnen- oder Wärmestrahlen auf die beruften Lötstellen und auf einen damit verbundenen Wärmeüberträger konzentriert. Das Wärme und Elektrizität nicht leitende Material besteht aus einer Mischung von Guttapercha oder Kautschuk und Phosphorstickstoff (erhalten durch Mischen von Phosphor in Lösung mit flüssigem Stickstoff (!) im Verhältnis der Atomgewichte), beispielsweise im Verhältnis 60:40, oder aus letzterem und löslichem und gepulvertem Glase oder Opal u. ä., oder aus nitrogenierter (?) Guttapercha oder nitrogeniertem Kautschuk oder aus einer nitrogenierten Verbindung (?) von löslichem und gepulvertem Glase und gebranntem Kalk o. ä. Zur Vervollständigung der „Sonnensäule“ gehört ein Akkumulator, der durch die beschriebene Vorrichtung geladen wird und in dem hohl gemachten Block mit untergebracht werden kann.

Um von der Wärmeerzeugungsstelle unabhängig zu sein, gleichmäßiger und ohne Entwicklung von Gasen und Dämpfen erhitzen zu können und um die Lötstellen zu schonen, schlägt Friedrich Grünewald¹⁾ vor, in die mit Wärmeschutzmasse umgebene Thermosäule Bolzen einzuführen, die außerhalb erwärmt worden sind.

Die in einem Transformator entwickelte Wärme will Hugo Gantke²⁾ dadurch in elektrische Energie zurückverwandeln, daß er die eine Wicklung des Transformators oder ihren äußeren Schließungskreis aus zwei sich berührenden thermoelektrisch verschiedenen Leitern herstellt und zum Heißpol eines thermoelektrischen Stromkreises macht. Der Heißpol kann auch Ankerwicklung eines Wechselstromerzeugers werden.

Von dieser Konstruktion unterscheidet sich die von Dr. L. Gottscho³⁾ dadurch, daß der umzuwandelnde, zum Erhitzen der Lötstellen dienende elektrische Strom nicht die Thermoelemente selbst, sondern einen in dem Heizraum der Thermosäule vorgesehenen elektrischen Heizkörper durchfließt. Hierdurch wird eine wirtschaftlich bessere Ausnutzung der zugeführten Elektrizität als bei der

¹⁾ D. P. 84 183 vom 13. 1. 1895, Abb.

²⁾ D. P. 53 620 vom 8. 11. 1899.

³⁾ D. P. 111 657 vom 22. 4. 1899.

Hindurchleitung des umzuwandelnden elektrischen Stromes durch die Thermoelemente selbst erreicht, in welchem Falle hauptsächlich der Peltier-Effekt (Erwärmung einer Lötstelle bei Stromdurchgang) die Umwandlung bewirkt.

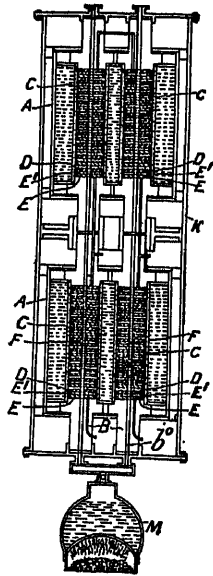


Fig. 110.

Der zum Heizen verwendete Dampf soll bei der Konstruktion von P. A. Emanuel¹⁾ durch Reibung elektrisch werden und den Thermostrom verstärken. Glasgefäße A (Fig. 110) haben oben und unten Öffnungen. In diesen stecken poröse Röhren C, in denen die Thermoelemente in Form von Metallscheiben D E liegen, die durch irdene E' getrennt sind. Durch mittlere Öffnungen in den Scheiben werden Kanäle F gebildet, die auf mittlere Durchbohrungen b⁰ der Stopfen B in den Röhren C treffen. Durch die Kanäle streicht Dampf aus dem Kessel M. Die äußeren Lötstellen werden durch Wasser in den Gefäßen A kalt gehalten. Die ganze Säule umgibt ein Behälter K.

Die Heizröhren eines Dampfkessels will Alfred Wunderlich in die ringförmige warme Lötstelle einlegen²⁾. Die zylinderförmige Außenwand jedes einzelnen Elements legt sich dicht an die emaillierte Innenwand einer metallenen Kühlröhre an, die zur Heizröhre konzentrisch und allseitig von Kesselwasser umgeben ist. Um ohne Vergrößerung der Wärmeverluste auf dem Wege von der heißen zur kalten Lötstelle den inneren Widerstand der Thermosäule auf ein Mindestmaß herabzusetzen, wird die Entfernung von der heißen zur kalten Lötstelle möglichst klein gemacht. Zu dem Zwecke werden die aus Kupfer, Messing und ähnlichen Stoffen hergestellten und die zwischen ihnen und inneren Ringen (heiße Lötstellen) aus demselben Material eingelöteten Ringe aus Eisen, Kohle u. ä. auf einer Seite ausgeschnitten, die Elemente abwechselnd mit den Ausschnitten rechts und links auf einander gelegt und die von den

¹⁾ E. P. 12323 vom 1. 6. 1898.

²⁾ D. P. 86577 vom 19. 4. 1895; 87302 vom 21. 6. 1895 und Zusatz 88645 vom 22. 6. 1895; E. P. 23865 vom 12. 12. 1895.

Ringen ausgehenden Leiter in Einkerbungen mit den äußeren Ringen verlötet, sodaß eine vollständig glatte zylindrische Außenwandung der Thermosäule erhalten wird. Vorteilhaft ist es, die an dieser Stelle ausstrahlenden Wärmemengen zur Vorwärmung der Verbrennungsluft zu benutzen. Die Anordnung kann dann wie in den Fig. 111—115 dargestellt getroffen werden. Bei dieser besteht die Säule aus äußeren und inneren Ringen m^3 , m^1 (Fig. 111) aus Kupfer oder andern Wärmeleitern, die durch einen schlechten Leiter m^2 voneinander getrennt sind. Durch E streichen die Verbrennungsgase, deren Wärme nutzbar gemacht werden soll. Der innere heiße Ring m^1 eines Elementes ist mit dem äußeren kalten m^3 des nächsten

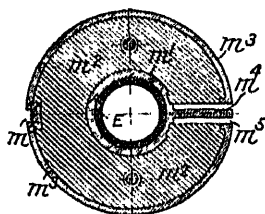


Fig. 111.



Fig. 112.

Paares durch eine Zunge m^4 , die mit einem Stück m^5 in eine Vertiefung des darunter befindlichen Elementes eingreift, verbunden. Fig. 112 zeigt die Verbindung mehrerer Elemente, die von einer Röhre L umgeben und durch isolierende Schichten F von einander getrennt sind. Fig. 113 gibt eine Anzahl Elemente in vertikaler Anordnung. Das Gefäß A enthält kaltes Wasser, I' ist die Feuerung. Die Verbrennungsluft wird in H eingesaugt, steigt in H^1 nach H^2 und erwärmt sich am Kessel A , dessen Wasser Dampf gibt. Darauf geht sie durch Rohre H^3 , die den Kessel durchziehen, nach H^5 , von wo sie in den Ofen gelangt. Der erzeugte Dampf wird durch R , R^1 , R^2 nach Q geleitet, um den Zug zu unterstützen. Fig. 114 zeigt eine Horizontalanordnung. Die Dampfrohre R , T dienen ähnlichen Zwecken wie oben. Fig. 115 stellt eine Anordnung dar, worin der äußere Ring in einen breiten Streifen A verlängert ist, dessen unteres Ende bei D mit dem Streifen C des inneren Ringes verbunden ist. Die unteren Enden von A und C werden in Wasser getaucht.

Bei einer anderen Konstruktion¹⁾ soll die von dem Umfange der zylinderförmigen Thermosäule ausgestrahlte Wärme vollständig von der Speiseluft der Feuerung aufgenommen und wieder in das Heizrohr eingeführt werden. Zu dem Zwecke steigt die Kühlluft, veranlaßt durch den im Heizrohre herrschenden Luftzug, zunächst in dem Raume zwischen zwei die Thermosäule umschließende konzentrische Rohre aufwärts, gleitet dann zwischen dem inneren Rohr und der äußeren Wandung der Säule, die die zu kühlenden Lötstellen enthält, hinab und strömt schließlich durch eine trichterförmige Erweiterung des Heizrohres in dieses ein.

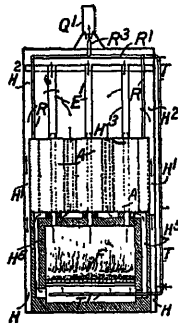


Fig. 113.

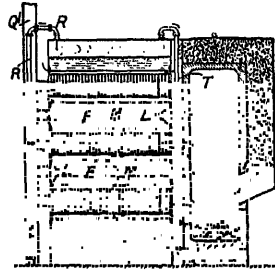


Fig. 114.

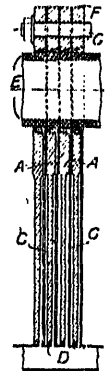


Fig. 115.

Auch L. G. Woolley²⁾ umgibt Teile des Dampfrohres eines Kessels oder eines Schornsteins mit Thermosäulen, die außer andern Zwecken auch zur Erregung des magnetischen Feldes einer Dynamomaschine dienen sollen.

H. J. Dowsing³⁾ bringt um das Auspuffrohr einer Maschine einen mit Flanschen versehenen Träger für die Thermosäule. Diese kann auch am Zündrohr, dem Zylinder, dem Schornstein oder an andern Teilen der Maschine angebracht werden.

Ebenso nutzt Reagan⁴⁾ die Abhitze von Dampfanlagen und einzelnen ihrer Teile aus.

¹⁾ D. P. 87533 vom 8. 11. 1895, Abb.

²⁾ E. P. 14839 vom 1. 11. 1887, Abb.

³⁾ E. P. 14639 vom 2. 7. 1896, Abb.

⁴⁾ Am. P. 577270.

Die Wirksamkeit dieser Anordnungen kann nicht groß sein, weil das Wärmeleitungsvermögen des Trägers viel kleiner als das der Metalle der Thermosäule ist. Deshalb setzt Israel Katz¹⁾ die Thermoelemente mit ihren warmen Lötstellen isoliert in Seitenwände eines Kondensstromes ein. Das eine Metall (Kupfer, Blei usw.) bildet eine Röhre, in die das zweite Metall eingeführt wird. Dieses kann deshalb vorteilhaft Antimon trotz dessen großer Zerbrechlichkeit sein. Der Kondensator besteht (Fig. 116) aus einer dampfdichten Kammer *c* mit Scheidewänden *i*. Der von der Maschine kommende Dampf wird durch eine Luftpumpe angesaugt, die die Kammer *k* im Kondensator unter Vacuum hält. In das zu dieser führende Rohr *w* wird durch Düse *h* frisches Wasser eingedrückt.

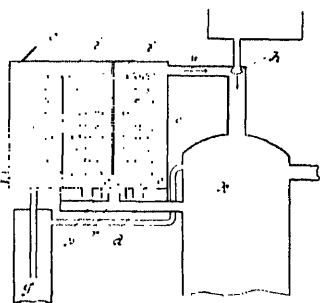


Fig. 116.

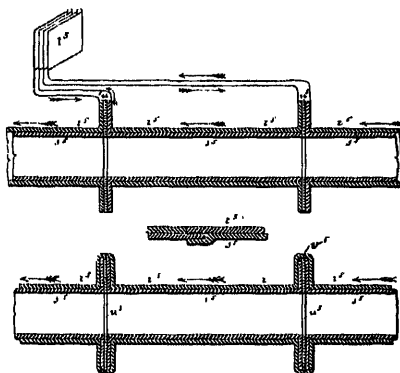


Fig. 117 und 118.

Das dem Dampfe beigemischte Öl wird in Kammer *c* abgeschieden und im Bottich *g* gesammelt. Das Kondensationswasser wird aus Kammer *c* durch Röhren *o*, *o* in den Raum *p* geführt, in dem Scheidewände *s* das Öl zurückhalten, dann durch Röhre *r* in die Kondensatorröhre *d* und in die Vacuumkammer *k*, von wo es zum Speisen des Dampfkessels entnommen werden kann. Die Thermosäule ist auch sehr geeignet für medizinische Zwecke, da sie die Dampfkammer für einen Dampferzeuger bilden kann, sodaß weder Wasser noch Hitze verloren wird.

Die überschüssige Hitze bei der Gasbereitung will Almon Henry Hearington²⁾ zur Elektrizitätserzeugung nutzbar machen. Die Thermosäule sitzt in Gestalt von Ringen, die aus Drahtbündeln

¹⁾ E. P. 12615 vom 3. 6. 1904.

²⁾ E. P. 5078 vom 11. 12. 1878.

bestehen, in Zickzackgestalt um den Kanal, den die Abhitze durchstreicht.
Zur weiteren Elektrizitätserzeugung dienen galvanische Elemente.

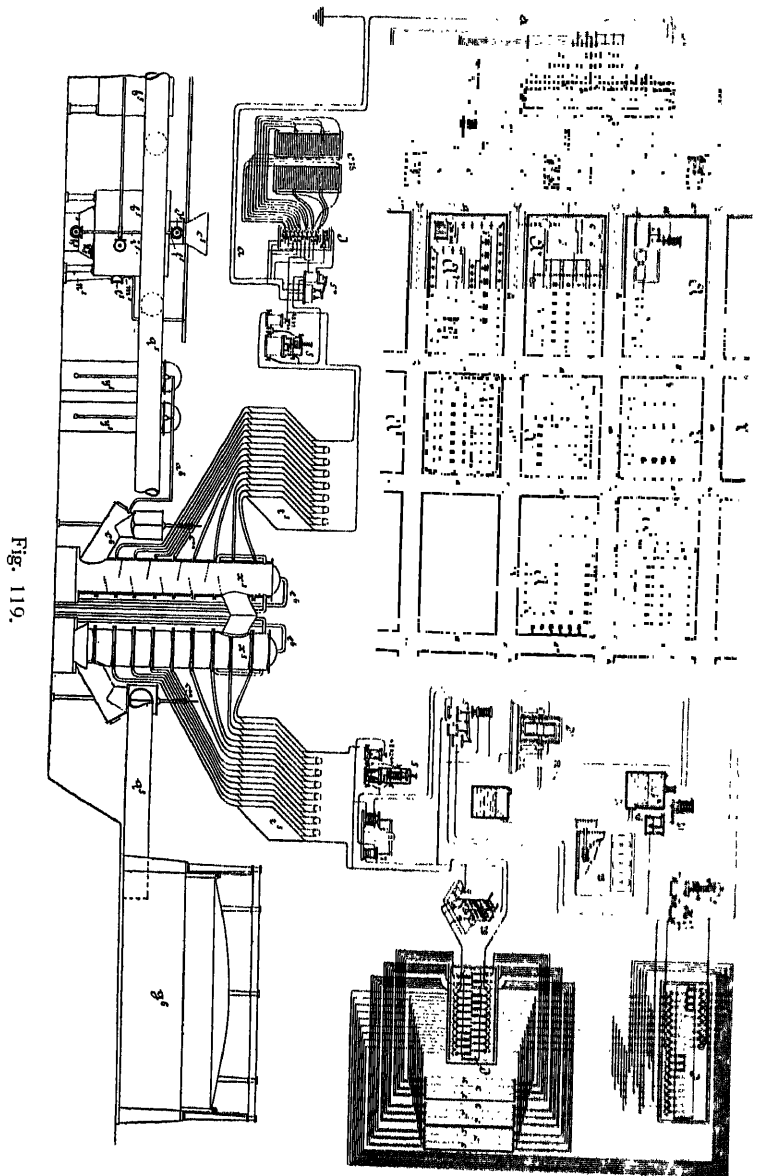


Fig. 119.

Auch Josef Stokes Williams¹⁾ will die überschüssige auf dem Wege der Ausstrahlung oder Berührung sonst verloren gehende

¹⁾ E. P. 5983 vom 31. 12. 1883; D. P. 35414 vom 7. 10. 1884.

Wärme feuer- oder chemisch-technischer Anlagen ausnutzen und zwar in Verbindung mit einem System geeigneter Regulierungsvorrichtungen des entwickelten und seinen Verbrauchsorten zuzuführenden

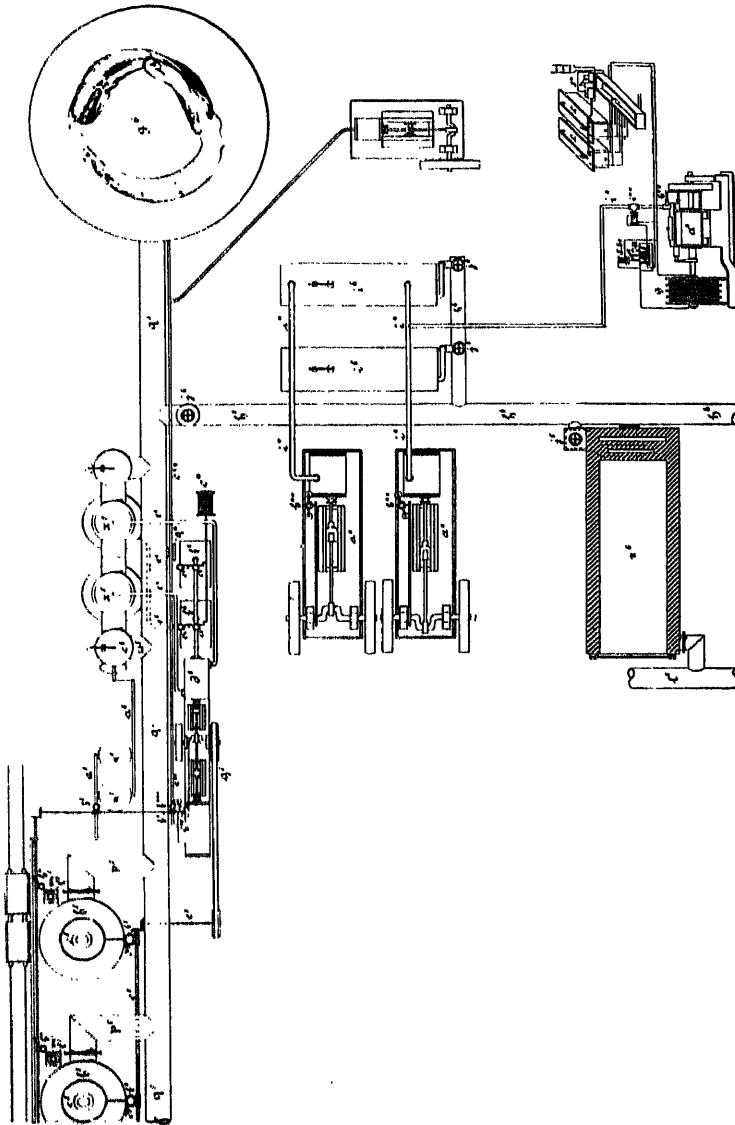


Fig. 120.

Stromes. Z. B. wird in einer Anlage zur Erzeugung von Heizgas nebst Ammoniak und Theer bei den aus den erhitzten Teilen gebildeten thermoelektrischen Elementen von der Form $r^5 s^5$ (Fig. 117 und 118) die Regelung der diesen Elementen zugeführten Wärme

vermöge derjenigen Ventile m^5 (Fig. 119 und 120) vorgenommen, die den Zutritt der Luft zu den Gaserzeugern b^5 durch Rohr n^5 hindurch vermitteln. Die regelnde Tätigkeit der Ventile geht aus vom Regulator b^{**} (Fig. 120), einer Betriebsmaschine g^5 und wird auf mechanischem Wege (Triebwerk b^*) oder auf elektrischem Wege (Kombination des Ventils m^5 mit dem Anker eines Elektromagneten, dessen Stromkreis einen vom Maschinenregulator b^{**} entsprechend zu verändernden Widerstand enthält), übertragen.

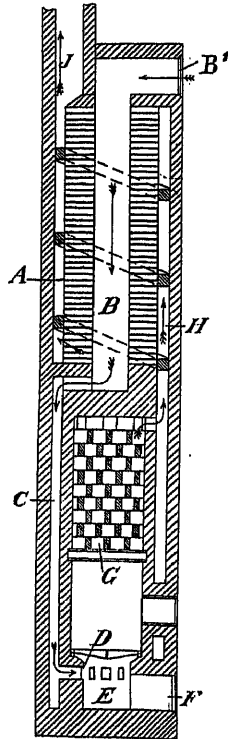


Fig. 121.

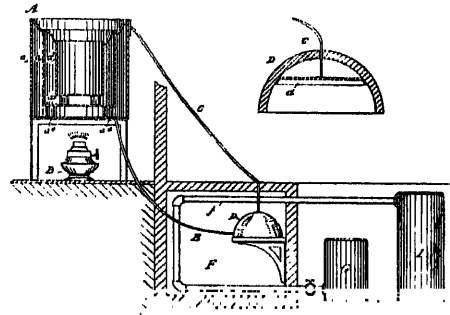


Fig. 122.

Fig. 123.

Wegen der Beschreibung der Anlage und wegen eines anderen Ausführungsbeispiels muß auf die Patentschrift verwiesen werden.

Bei der ringförmigen Thermosäule von Benjamin James Hall¹⁾ saugt der untere Ofen (Fig. 121) die Frischluft durch den Innenraum B (bei B^1 durch Ventil¹ verschließbar) an und läßt die heißen Verbrennungsgase in Spiralgängen H an der Außenfläche vorbeistreichen. Dadurch wird die eine Hälfte der Lötstelle erhitzt,

¹⁾ E. P. 418 vom 7. 1. 1902; Am. P. 724752 vom 16. 7. 1902.

die andere auf niedriger Temperatur gehalten. Die Wände der Zu- und Abzugskanäle sind mit Wärmeisolatoren überall da ausgefüttert, wo kalte Luft entlang streicht, dagegen mit wärmeausstrahlendem Material im Abzugskanal der heißen Gase gegenüber der äußeren Thermosäule. D stellt einen Feuerrost dar, über dem eine Heizkammer G mit Chamottesteinen zum Ausgleich der Temperaturen angeordnet ist. Die Öffnung F dient zum gelegentlichen Entleeren der Asche. Der Zug kann auch künstlich eingeleitet werden.

Bei den Thermosäulen von F. Friedrichs¹⁾ sind die einzelnen Elemente durch ein isolierendes Diaphragma getrennt, so daß die eine Hälfte der Lamellen für sich erhitzt, die andere für sich abgekühlt werden kann. Die ganze Säule wird in einen Kasten gestellt, in den auf der einen Seite ein heißer Luftstrom oder eine stark abgekühlte Flüssigkeit eingeleitet wird.

Auch John Harrison²⁾ will Heizung und Abkühlung räumlich trennen und so Stromverlust vermeiden. Fig. 122 stellt den erhitzten Körper A dar, der aus den drei ineinander befindlichen zylindrischen Gefäßen a, a^1, a^2 zusammengesetzt ist. a besteht aus Kupfer, a^1 aus Zink, a^2 aus Zinn. Die oberen Ränder der Gefäße a^1 und a^2 sind nach außen sich erweiternde Ringe, mit denen a^1 an a , a^2 an a^1 durch elektrische Lötung angelötet ist. Die elektrische Verbindung der einzelnen Gefäßböden wird durch die Kupferklötzchen a^3 und a^4 bewirkt. Statt der genannten Metalle können auch Mangan, Zink, Platin usw. angewendet werden. Im Gefäß a^2 und in den Zwischenräumen zwischen a und a^1 sowie zwischen a^1 und a^2 befindet sich Öl, das durch die Lampe B erhitzt wird. Die Kühlung findet in der kalbkugelförmigen Glocke D (Fig. 123) statt, die aus einer Legierung von 7 T. Zinn auf je 1 T. Blei und Zink besteht. Im Innern von D ist eine Zwischenwand in Gestalt einer dünnen Kupferplatte d angebracht. Durch die Scheitelöffnung der Glocke D führt der Leitungsdraht C von d aus nach dem oberen Teil des Gefäßes a ; die Rückleitung erfolgt durch den Draht E . Zur Erhöhung der Abkühlung wird die Glocke D in einem besonderen Kühlraum F aufgestellt, dessen Rohr f mit dem flüssiges Ammoniak enthaltenden Gefäß G verbunden ist. Das andere Ende des Rohres f führt in das Gasabsorptionsgefäß I . Beide Gefäße G und I stehen außerhalb des Kühlraums F .

1) D. Gebrauchsm. 212 873 vom 24. 10. 03.

2) Am. P. 648 492 vom 1. 9. 1896.

Schon Charles Watt¹⁾ hat übrigens die entgegengesetzten Lötstellen in zwei getrennte und auf verschiedener Temperatur gehaltene Räume eingeschlossen.

Um vor Wärmeverlusten ganz sicher zu sein, baut Hug Bremer²⁾ zwischen die eigentliche Heizkammer und die Kühlkammer eine oder mehrere Kammern, durch welche die Verbindungen zwischen den heißen und kalten Lötstellen hindurchführen, sodaß die durch Leitung und Strahlung von der ersten Batterie abgegebene Wärme zur Erwärmung der Lötstellen anderer Batterien nutzbar gemacht wird.

Bei solchen Säulen, bei denen die Elektroden zwischen zwei hohlen Platten befestigt sind, durch die heizende und kühlende

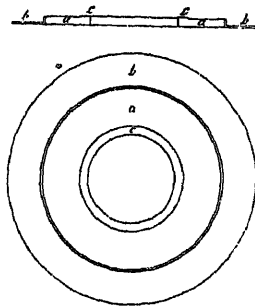


Fig. 124 und 125.

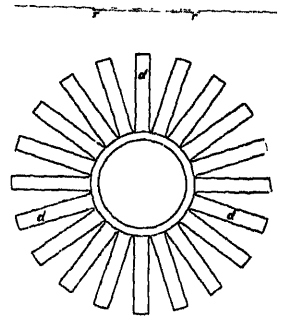


Fig. 126 und 127.

Flüssigkeiten geschickt werden, wird³⁾ anstatt für jede Platte einen besonderen Flüssigkeitsstrom zu verwenden, die Heizflüssigkeit oder werden auch beide Flüssigkeiten hintereinander durch die Platte geschickt. Im letzteren Falle fließen die beiden Ströme in entgegengesetzter Richtung. Die Dicke der Legierung in den Elektroden beträgt 3 mm oder weniger.

Eugen Raub⁴⁾ beschreibt eine Thermosäule⁵⁾, bei der die Wärmezufuhr zu den zu erhitzenden Kontakten sowohl ausschließ-

¹⁾ E. P. 834 vom 23. 11. 1852.

²⁾ D. P. 150661 vom 14. 1. 1902.

³⁾ E. P. 8620 vom 1. 7. 1886, Abb.

⁴⁾ D. P. 42253 vom 6. 2. 1887.

⁵⁾ Jehl will (Electrician 1888, 21, 62) schon zwei Jahre früher eine ähnliche Säule konstruiert haben. Auf den Einfluß der Legierung zwischen Heizringe will Hauck (Die galvanischen Batterien, Akkumulatoren und Thermosäulen, 3. Aufl. Wien 1890, S. 308) schon 1880 ein Patent erhalten haben.

lich, als auch möglichst gleichmäßig von einem aus Heizringen gebildeten Heizraum durch die Heizringe bewirkt wird, und bei der die äußere kalte Luft gezwungen wird, die einzelnen Elemente bis an die warmen Kontaktstellen hin zu bestreichen. Die obere Fläche des positiven Ringes *a* (Fig. 124 und 125) steigt zunächst an ihrem inneren Rande zur Herstellung eines ebenen Kontaktes für den negativen Ring zu einem schmalen Ansatz *c* an. Der Ring *a* wird von dem weiteren Ringe *b* umschlossen, der mit *a* in elektrisch leitender Verbindung steht und dazu dient, dem Ring *a* sowohl genügende Haltbarkeit zu verleihen, als auch ihm den letzten Rest der zum äußersten Umfange gelangten Wärme zu entziehen und an die äußere kalte Luft abzugeben. Der negative Ring *r* (Fig. 126 u. 127) ist im Verhältnis zum Ring *a* sehr klein, trägt an seinem Umfang eine beliebige Anzahl nach außen hin verlaufender Streifen *d* und deckt, auf *a* gelegt, den Ansatz *c* genau. Zur Herstellung eines vollständigen Elementes legt man den Ring *r* mit seiner ebenen Fläche auf den Ansatz *c* des Ringes *a*. Darauf werden die Kontaktflächen beider Ringe durch einen Heizring überdeckt, der aus einem die Wärme gut leitenden Metall hergestellt ist und mit seinem rohrartigen Ansatz in die Öffnung der Ringe *a* und *r* hineinpaßt, nachdem die äußere Fläche des Rohransatzes mit einer die Wärme schlecht leitenden Überkleidung versehen ist. Fig. 128 zeigt die Anordnung eines Elementes, wenn das negative Metall die Form wie in Fig. 126 und 127 hat. In diesem Falle ist es aus Neusilberblech oder einer anderen Legierung hergestellt. Wird jedoch statt dessen eine spröde Verbindung gewählt, so erhält sie genau dieselbe Form, die in den Fig. 124 und 125 für das positive Metall dargestellt ist. Dann tritt aber der Heizring zwischen

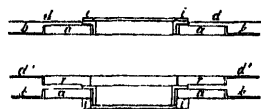


Fig. 128 und 129.

beide Metalle. Fig 129 zeigt diese letztere Anordnung. Soll eine Anzahl solcher Thermoelemente zu einer Batterie vereinigt werden, so werden Isolierringe *i* (Fig. 128) aus feuerfestem Material auf die oberen Flächen der Heizringe aufgelegt und die einzelnen Elemente auf einen durch die Öffnung der Heizringe hindurchgeführten Dorn aufgereiht. Hierauf werden die Elemente zwischen die beiden Platten *p* und *p*¹ (Fig. 128 und 130) eines Gestelles gebracht und durch den gemeinschaftlichen Druck von vier Schrauben, von denen zwei (*s*^{''} und *s*^{'''}) sichtbar sind, eingespannt und der Dorn entfernt. Zum Schluß werden die Streifen *d* bzw. der Befestigungsring *d*¹ (Fig. 129) des negativen Metalles je eines Elementes mit dem Be-

festigungsring des positiven Metalles des benachbarten Element metallisch verbunden, und von den Streifen d des einen, sowie v dem Befestigungsring des anderen Endelementes je eine leitende V bindung zu den isoliert in den Platten p und p^1 eingesetzten P klemmen z und k geführt (Fig. 130). Der durch die Rohransät der Heizringe geschaffene Zylinder H bildet den Heizraum. I

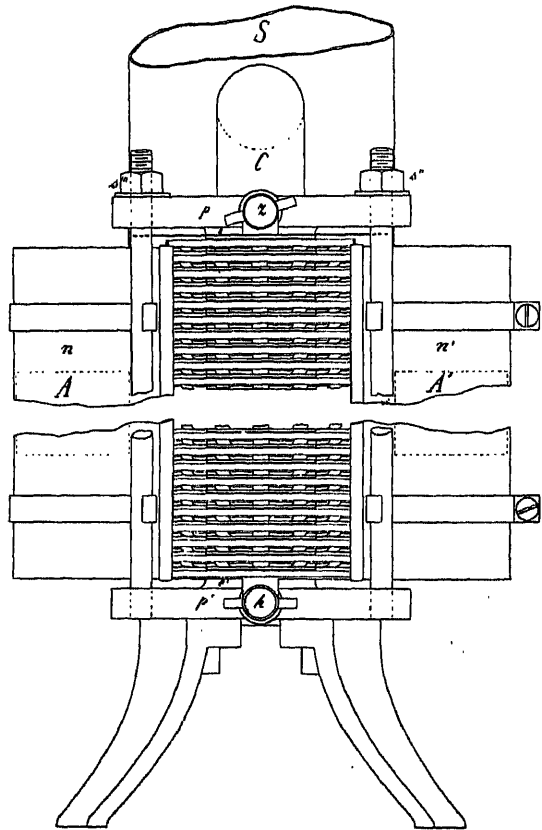


Fig. 130.

von seinen Wänden aufgenommene Wärme wird mit Ausnahm eines geringen Teils, der die Wärmeisolation der Heizringe durch dringt und die Kontaktstellen nicht passiert, ausschließlich an di zu erhitzenden Kontakte, und zwar, weil die Heizringe im Ver hältnis zu ihrer Dicke geringe Breite haben, nahezu gleichmäßig übermittelt, sodaß sowohl der Wärmeverlust, als auch das Auf treten von Lokalströmen, die zwischen verschiedenen warmen Punkte eines Kontaktes entstehen, aufs äußerste herabgesetzt ist. Dami

die zwischen den einzelnen Elementen stehenden Luftschichten immer erneuert werden, legen sich an gegenüberliegenden Seiten der Batterie zwei oben und unten geschlossene und mit breiten Längsöffnungen versehene Rohre n und n^1 isoliert an, sodaß sie vom oberen bis zum unteren Endelement reichen. Von den Mitten der Rohre gehen horizontale Kanäle A und A^1 aus. Sie führen zu einem als Schornstein dienenden Rohr S , in das auch der oben gekrümmte Abzugskanal c des Heizraums H mündet. Die durch C in den Schornstein eintretenden Heizgase saugen durch die Kanäle a A^1 und die Rohre n und n^1 die äußere kalte Luft an, die zwischen den einzelnen Elementen hindurch, letztere bis an die warmen Kontaktstellen hin bestreichend, in den Schornstein S eintritt. Sollen einzelne Teile der oben beschriebenen Batterie untersucht, oder sollen beschädigte Teile erneuert werden, so sind sämtliche Elemente nach Hinwegnahme der Rohre n und n^1 auf einen durch den Heizaum geführten Dorn aufzureihen und nach Lösung der Schrauben $s-s''$ des Gestelles aus letzterem herauszunehmen.

Die drei kleinsten Säulen für Gasheizung, die man nach diesem System gebaut hat, und die stündlich 300, 500 und 900 l Gas verbrauchten, besaßen¹⁾ eine Stromstärke von 10, 20 und 40 A mit einer EMK von 3 V. Bei einem stündlichen Gasverbrauch von 1 cbm ergaben sie 80 W gegen 27 bei Säulen älterer Konstruktion.

Die Übertragung der Wärme von der Heizquelle nach den Lötstellen ist mehrfach²⁾ durch einen dritten Körper vorgenommen worden. Sehr wirksam macht Albrecht Heil³⁾ diesen Überträger durch eine besondere Ausgestaltung. Das Band b ist (Fig. 131—137) an dem einen Ende in den Block a eingegossen, verläuft zunächst eine Strecke wagerecht, dann aufwärts und dann wieder rückwärts über den Block hinweg. So findet eine möglichst gute Wärmeausnutzung der unterhalb des aufrecht stehenden Teiles brennenden Heizflamme aus Brenner i (Fig. 134) statt, und zwar wird die Wärme auf den kurzen wagerechten und auf den angrenzenden senkrechten Teil des Bandes b direkt, von hier aus mittelbar durch das eingeschmolzene Ende nach der Berührungsstelle im Block a übertragen. In dem oberen wagerechten Teile

¹⁾ Centralbl. Elektrot. 1888, 10 175, Abb.; vgl. a. Peukert, ebenda 1886, 4, 218; El. Rev. 1888, 22, 332; Scient. Amer. Suppl. 1888, 25, 10303; Engl. Mech. 1888, 47, 297; Lum. él. 1888, 28, 73.

²⁾ Z. B. in dem Element von Noë und in dem nach E. P. 12249/1900.

³⁾ D. P. 140833 vom 3. 10. 1901; Am. P. 715265 vom 22. 4. 1902, übertragen auf A. Wolf jr. & Co.; E. P. 23858 vom 31. 10. 1902 für letztere Firma.

des Bandes *b* findet teils durch Ausstrahlung, teils durch die kühlende Wirkung eines angelöteten Kupferstreifens *g*, der gleichzeitig die Verbindung mit dem nächsten Element und zwar durch Vermittelung von dessen Kühlplatte *f'* herstellt, die nötige Abkühlung statt. Der Block *a* mit dem Bande *b* ist an ein vollständig freistehendes Kupferblech *f* angelötet, das parallel zu der Richtung der nach der Flamme

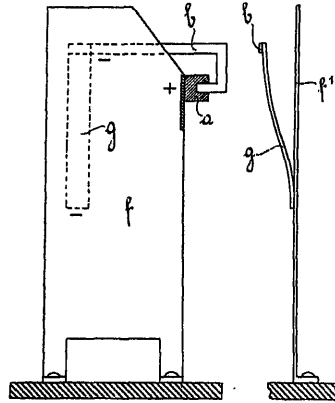


Fig. 131 und 132.

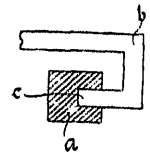


Fig. 133.

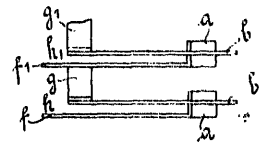


Fig. 134.

strömenden Außenluft gerichtet ist und als Kühlvorrichtung und Elementträger dient.

Verbindet man¹⁾ nicht ein Warmende der thermoelektrisch wirksamen Körper, sondern beide Enden mit dem Wärmeüberträger,

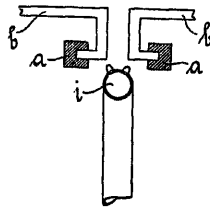


Fig. 135.

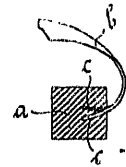


Fig. 136.

so empfangen die beiden wirksamen Körper die Wärme von dem gutleitenden Überträger unmittelbar und daher vollständiger als bei den anderen Anordnungen. Zwar sind auch sonst Thermoelemente bekannt, bei denen die beiden wirksamen Körper mit einem Wärme-

¹⁾ D. P. 140 834 vom 4. 2. 1902.

überträger verbunden sind, so beispielsweise das Thermoelement nach dem D. P. 29772 und das Gülcher'sche Thermoelement¹⁾. Bei diesen beiden Konstruktionen kommen aber starre, gegen mechanische Einflüsse empfindliche Wärmeüberträger zur Verwendung, ist keine besondere Rücksicht auf die Substanz des Wärmeüberträgers genommen, und seine Verbindung mit den wirksamen Legierungen rein mechanisch und daher unsicher. Im Gegensatz

dazu besteht der Heil'sche Wärmeüberträger aus einem gegen mechanische Einflüsse und gegen hohe Temperaturen sehr widerstandsfähigen, biegsamen silbernen (oder aus einer Silberlegierung oder aus silberplattiertem Kupfer oder einer versilberten Kupferlegierung bestehenden) Bande, das an dem einen Ende mit dem schwer schmelzbaren Körper hart verlötet, an dem anderen Ende hingegen in die Antimonlegierung eingeschmolzen und so mit den Warm-

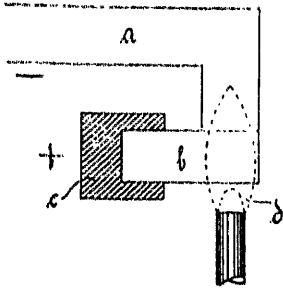


Fig. 137.

enden der beiden wirksamen Körper durch oberflächliche, aber innige und organische Verschmelzung dauernd gut vereinigt ist. Fig. 137

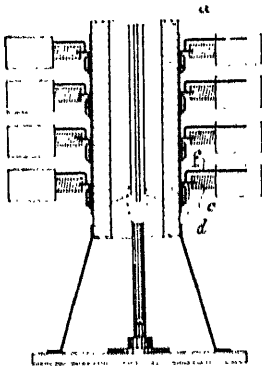


Fig. 138.

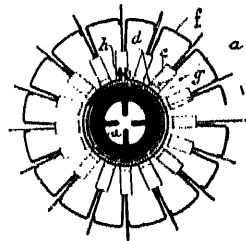


Fig. 139.

veranschaulicht die Anordnung des Wärmeüberträgers. *a* ist der schwer schmelzbare wirksame Körper, *b* das mit ihm hart verlötete Band, das von der Heizflamme *d* umspült wird, und *c* die Antimonlegierung, die das Ende des Bandes umschließt und mit ihm oberflächlich verschmolzen ist.

¹⁾ Siehe S. 26.

Durch Anwendung dieser Konstruktion soll die Verbrennungswärme so gut ausgenutzt werden, daß 1 kg Koks von 7500 Kal. bis zu 40 W.-Std. gibt. In dem thermoelektrischen Ofen¹⁾ (Fig. 138 u. 139) sind die bandförmigen Heizbleche *d* der Thermolemente zum größten Teil auf dem dickwandigen, von innen heizbaren Zylinder *a*, der außen mit einem die Elektrizität nicht leitenden dünnen Überzug versehen ist, durch den isolierten Ring *h* angepreßt. An einem kleinen Teil des wärmeleitenden Querschnittes der Enden der Heizbleche, der zweckmäßig von dem Heizkörper etwas abgebogen ist, sind mit ihren Warmenden die beiden thermoelektrisch wirksamen Körper *f* und *c* befestigt, die im Interesse eines hohen Wirkungsgrades kurz sind und wenig Widerstand besitzen. Z. B. hat das Heizblech einen kleinen wagerecht abgebogenen Zapfen *g*, der in eine geeignete Legierung des wirksamen Körpers *c* eingelassen ist, während der andere drahtförmig ausgebildete wirksame Körper *f* mit seinem Ende auf oder nahe an dem Zapfen verlötet oder sonstwie organisch befestigt ist. Der Ofen soll außer guter Ausnutzung der Verbrennungswärme eine vollständig gleichmäßige rationelle Beheizung aller Elemente ermöglichen und bei einfacher und billiger Herstellung sehr haltbar sein.

Die Heil'sche Thermosäule, bei deren Konstruktion auch andere²⁾ wie die eben besprochenen Erfindungen angewendet werden, brachte später, nachdem sie kurze Zeit die Elektrotechnische Werkstatt Darmstadt als „Thermotor“ zu vertreiben gesucht hatte³⁾, der Erfinder selbst unter dem Namen „Dynaphor“ in den Handel. Es wurden Apparate gebaut von 1—8 A. Nutzleistung (2—16 A. Kurzschluß Stromstärke) und einer EMK von 2,6—20 V. Geheizt wird mit Leuchtgas oder Petroleum. Typen für Kohlenbetrieb mit etwa 100 W. Leistung sind in Vorbereitung. Der Zeiger des Druckreglers und -messers gibt zugleich⁴⁾ die der Druckhöhe und Flammengröße, also der Wärmezufuhr entsprechende Spannung an.

Die Haltbarkeit soll sehr gut sein. Bei Dauerversuchen nahm nach Mitteilung des Erfinders nach 300 Betriebs-Std. die Energie

¹⁾ D. P. 163171 vom 13. 11. 1903; E. P. 24177 vom 8. 11. 1904 für A. Wolf jr. & Co.; Am. P. 808086 vom 31. 10. 1904.

²⁾ Siehe vorher.

³⁾ Die Elektriz. 1904, 13, 449; Centralbl. Accum. 1904, 5, 126.

⁴⁾ Centralbl. Accum. 1906, 7, 37.

um 5 % ab. Eine weitere Schwächung konnte bei einiger Fortsetzung der Versuche nicht bemerkt werden. Eine kleine Säule für Spiritusbetrieb mit einer EMK von 7 V. und $\frac{1}{4}$ A. bei Kurzschluß verbrauchte nach Versuchen von Hartmann & Braun stündlich 54 g Brennmaterial und ließ in 280 Betriebs-Std. an Leistung nicht merklich nach.

Während die Erzeugung von 1 W.-Std. in einer kleinen Dynamo 83,3 cal. erfordert, sollen ¹⁾ in der Heil'schen Thermosäule nur 70,2 cal. nötig sein. Untersuchungen des Physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. lieferten folgende Ergebnisse:

		Länge	Breite	Höhe	Gewicht	Anzahl der Elemente	Gasdruck	Stündl. Gasverbrauch	Klemmenspannung	Stromstärke	Leistg.	Gasverbrauch für 1 W.-St.
		cm	cm	cm	kg		mm	l	V.	A.	W.	
Heil	1	11	17,3	22	5,1	12	27	64	0,435	8,19	3,56	18
	2	11	17,3	22	5,1	12	27	64	0,516	6,85	3,54	18
	3	11	17,3	22	5,1	12	26	etwa 64	0,420	7,60	3,19	20
	4	11	17,3	22	5,1	12	40	79	0,502	9,16	4,60	17
	5	11	17,6	22	5,4	12	40	90	0,447	12,02	5,35	16,8
	6	10	12,8	21,5	3,77	14	46,5	52,5	0,534	6,50	3,47	15,1
	7	4	12,2	17	1,42	6	40	15,3	0,235	4,00	0,94	16,3
	8	31,5	17,5	21	etwa 13	40	34	262	1,46	9,93	14,5	18
Gülcher	54	16,5	16	"	14	66	40	198	2,04	2,03	4,14	48

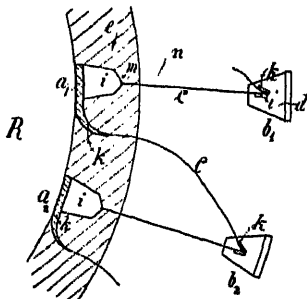


Fig. 140.

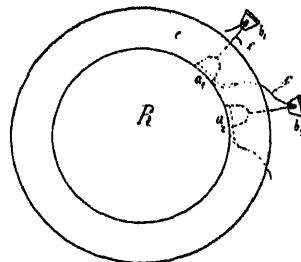


Fig. 141.

Um die Wärmeabgabe von der warmen Lötstelle aus tunlichst zu verhindern, schaltet Dr. L. Gottscho²⁾ zwischen die heiße und die kalte Lötstelle einen Zwischenleiter *c* (Fig. 140 u. 141), dessen Querschnitt zur Einschränkung des Wärmeflusses auf das durch

¹⁾ Ztschr. Elektroch. 1903, 9, 95.

²⁾ D. P. 123146 vom 22. 4. 1899; E. P. 24536 vom 9. 12. 1899; Am. P. 650062 vom 19. 12. 1899.

die äußere Stromstärke bedingte kleinste Maß verringert ist. Diese Verringerung beginnt spätestens bei dem Austritt des Leiters aus der Wärmeschutzmasse e , die nur die heißen Lötstellen $a_1 \dots a_n$ umschließt und letztere von dem Außenraum, in dem sich die kalten Lötstellen $b_1 \dots b_n$ befinden, trennt. Der Wärmeverlust wird verringert, indem der Querschnitt q der Zwischenleiter e , für den

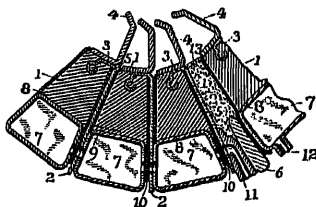


Fig. 142.

lediglich der im äußeren Stromkreis benötigte Strom maßgebend sein soll, erheblich verkleinert wird. Die Stromstärke soll hierbei

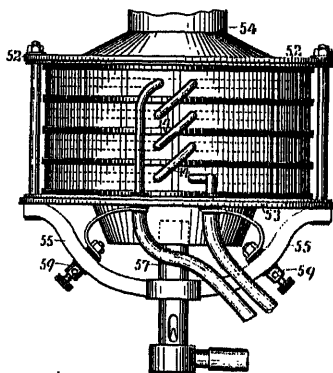


Fig. 143.

möglichst klein gewählt werden, dagegen soll mit tunlichst hoher Batteriespannung gearbeitet werden. Da außerdem die warmen Kontaktstellen $a_1 \dots a_n$ in einem gegen außen thermisch isolierten Heizraume R sich befinden, sind die Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung an den zu erheizenden Kontaktstellen $a_1 \dots a_n$ bezw. an der Wärmequelle fast gänzlich beseitigt. Überdies ergeben sich auch bauliche Vorteile. Da die Ausbildung der Kontaktfläche an den warmen Lötstellen von der der kalten Lötstellen unabhängig ist, so ist z. B. die Größe der Berührungsfläche an den Lötstellen nicht

behindert. Es werden daher auch andere Metalle als die bisher üblichen äußersten Glieder der thermoelektrischen Spannungsreihe, die in bezug auf Bearbeitung und Beanspruchung äußerst empfindlicher Natur sind, benutzbar. Die mögliche Vergrößerung der Kontaktflächen kann ferner auch besondere Abkühlungsflächen entbehrlich machen. Man wählt die Größe der kalten Lötstelle einfach derart, daß ihre Erwärmung auf den Flächeninhalt unerheblich wird. Der leitende Grundgedanke der Vorrichtung ist jedoch, die Wärme möglichst im ruhenden Zustand, möglichst statisch auszunutzen und dadurch den Nutzeffekt bei der Umwandlung von Wärme in Elektrizität in erheblichem Maße zu erhöhen.

Die Kühllflüssigkeit bringt Merle J. Wightman¹⁾ in unmittelbare Berührung mit den Elementenden. Außerdem fließt sie sehr schnell, sodaß sie die Wärme ebenso schnell abführt, wie diese sich anhäuft. In die Elektrode 1 (z. B. aus Zink und Antimon) ist (Fig. 142) das Ende der Elektrode 2 (z. B. eines Nickel-Kupfer-Blechs) eingeschlossen. Die leichter schmelzbare und bröcklige Elektrode 1 hat wärmeleitende Metalllappen 4 und Wassermantel 7 angegossen bei 8. Werden die Elektroden zu einem Ringe vereinigt, so isoliert der dünne Überzug 5 aus Glimmer-Asbest oder feuerfester Farbe die Elektrode 2 von 1. Das Zusammenpressen der Elektroden erfolgt durch einen Keil 6. Zum Hintereinanderschalten wird jeder Mantel mit der Elektrode 2 des benachbarten Elements verlötet oder, weniger gut, das äußere Ende einer Elektrode 2 unmittelbar in die Masse der Elektrode 1 des benachbarten Elements geführt (punktierte Linie 9). Durch isolierende Packungen 10 um die benachbarten Öffnungen der Mäntel wird eine wasserdichte Verbindung gebildet. Besser ist es indessen, die Metallblech-elektrode 2 bis zwischen die Mäntel zu verlängern und sie mit einem Loch zu versehen, das mit den Öffnungen in den Wassermänteln zusammenfällt. Sind die Elemente zusammengebaut, so werden die Zwischenräume 13 mit Asbestzement o. ä. lutiert. Das Wasser fließt in Metallröhre 11 ein und aus der Röhre 12 am Mantel oder an der Elektrode 1 des letzten Elements ab. Bei der Säule (Fig. 143) wird die Auslaßröhre 12 mit der Einlaßröhre 11 des nächst höheren oder niederen Ringes verbunden. Der Wassermantel kann aus runden, konisch verlaufenden Röhren bestehen,

¹⁾ Am. P. 773838 vom 13. 7. 1900; übertragen auf The Pyro Electric Co.; E. P. 23095 vom 26. 10. 1904 für William Edwin Haskell, Merle J. Wightman, W. E. Gilmore, James W. Russel u. Winchester Veazie.

die ineinander gesteckt und an diesem Punkte durch eine Packung aus Glimmer o. ä. isoliert werden. Jeder Kupfermantel wird mit der Elektrode 1 des einen und der Elektrode 2 des benachbarten Elements unmittelbar elektrisch verbunden. Sind die Elemente in horizontalen Lagen angeordnet, so kann der metallische Röhrenmantel des Elements an einem Ende der Reihe der eine, die unmittelbar mit Elektrode 2 verbundene Einlaßröhre 11 der andere Pol sein (Fig. 144). In der Praxis werden die Röhren 7 mit den daran befindlichen mit Email oder feuerfester Farbe überzogenen Elektroden 2, den angelöteten Heizlappen 4 und den Ein- und Auslaßröhren 11 und 12 zu einem Ringe verbunden. Dieses Skelett legt man in eine Form und gießt die Legierung der Elektrode 1 in die Form, die so groß ist, daß die Elektroden 1 mit ihren äußeren

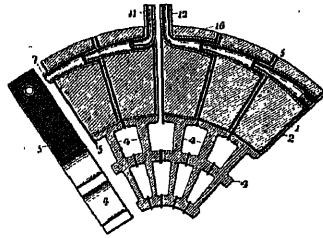


Fig. 144.

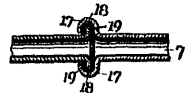


Fig. 145.

Enden 16 die Röhren 7 vollständig umgeben (Fig. 144). Die wasserdichte isolierende Verbindung kann auch (Fig. 145) so hergestellt werden, daß ein Flansch 17 an einem Ende der einen Röhre über einen Flansch 18 am entgegengesetzten Ende der benachbarten Röhre hinübergefaltet und niedergebogen wird. Außerdem sind Packungen 19 vorhanden. Um die leichter oxydierbare Elektrode vor Luft zu schützen, kann man um sie, nachdem sie isoliert ist, die andere Elektrode vollständig herumgießen. Das Ende der ersteren, das der Heizstelle am nächsten ist, wird breit gemacht zur Herstellung einer großen Berührungsfläche. Nach Fig. 146 wird in die dichte und harte Elektrode 2 (z. B. aus Nickelpuffer), die Becher- oder Kastenform hat und außer am Boden isoliert ist, die Legierung 1 gegossen. Fahne 20 vergrößert die Berührungsfläche. Der zentrale Ansatz 21 dient zur Beheizung. An eine Kante der Elektrode 2 wird eine Kappe 23 gelötet, die Oxydation der erhitzten Verbindungsstellen verhütet. Die Kühlröhren 7 gehen bei 24 durch eine Seite der Elektrode 2, an der sie festgelötet sind,

werden an der andern Seite von ihr durch die Packung 25 isoliert und in die Elektrode 1 bei 26 eingegossen oder eingelötet. An der Stelle, wo Röhre 7 in den Becher 2 tritt, wird eine Packung 25 auf das sich verjüngende Ende der Röhre aufgelegt, darüber wird der Metallring 27 getrieben und direkt mit dem Metall der Elektrode 2 bei 28 verlötet, wodurch der hermetische Verschluß des Bechers vervollständigt wird. Der Isolationsbelag des Bechers 2 wird über das Ende einer Kühlröhre 7 verlängert, das mit Elektrode 2 metallisch verbunden ist, während das Ende der Röhre, das mit der Elektrode 2 des nächsten Elements verbunden ist, mit Metall 1 elektrisch vereinigt wird. Eine andere Art der Anbringung des Kühlmantels zeigt Fig. 147. Auch in diesem Falle hat die becherförmige Elektrode 2 die vergrößerte Kontaktfläche 20 und einen Heizlappen. Ein starrer Stahlring 30 wird in Elektrode 1 um den

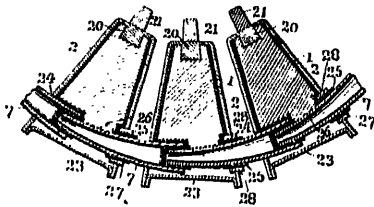


Fig. 146.

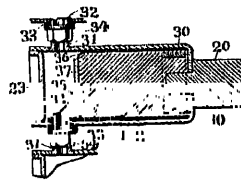


Fig. 147.

Vorsprung 20 gelegt, um erfolgreich dem Ausdehnungsbestreben der Teile im Ringe 30 entgegen wirken und die Berührungsflächen zwischen Vorsprung 20 und dem Material der Elektrode 1, die quer zu den Linien der Ausdehnung liegen, fest zusammenpressen zu können. Der Wassermantel wird außerhalb des Elements teils durch die Wände oder den Deckel 23 der becherförmigen oder hohlen Elektrode 2 und teils durch die Außenfläche der Blockelektrode 1 gebildet. Die Einlässe 31 und die Auslässe 32 für die Kühlflüssigkeit bestehen aus Kupfer- oder Messingguß. Guß 31 ist an einem Ende mit dem Metall der Elektrode 2 zu einem Element metallisch verbunden, Guß 32, wo er durch Elektrode 2 zur Vereinigung mit dem benachbarten Elemente geht, mit einer isolierenden Packung 33 versehen, die durch Mutter 34 zusammengepreßt werden kann. Jedes Gußstück 32 hat eine Verlängerung 35, die mit einer großen Kupferplatte 37 verbunden ist. Diese wird ihrerseits außen an die Elektrode 1 angelötet. Deren äußere Fläche wird mit wasserfester Farbe oder Lack 36 überzogen, um das

Wasser am Herabfließen zwischen Elektrode 1 und der inneren Fläche von Elektrode 2 zu hindern. In Fig. 143 sind vier Reihen von Elementen vorhanden. Jede ist mit der nächsten durch die Wasserröhren 14 elektrisch verbunden. Die Lagen sind zwischen zwei Köpfe 52 und 53 geklemmt. Der obere hat einen Schornstein 54, der untere ruht auf einem Rahmen 55. Brenner 57 liefert die Hitze nach dem Innern. Die Klemmen 59 sitzen an den Ein- und Auslaßröhren für die Wassermäntel.

Um die Hitze möglichst gut auszunutzen, wird¹⁾ sie erst an die heißen Lötstellen, dann an die kalten geleitet. Das Heizmittel wird nach seinem Auslaß in umgekehrter Richtung zurückgeführt, so daß, wenn es sich dem Auslaß nähert, es nacheinander die

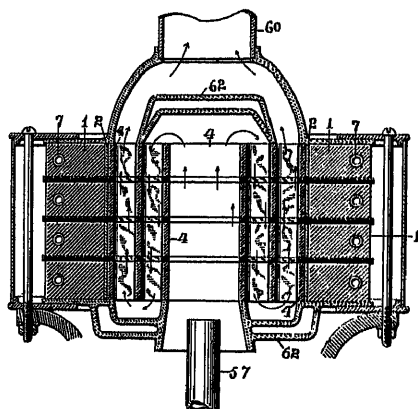


Fig. 148.

Elemente erhitzt, die am nächsten dem Einlaß und deshalb in Berührung mit dem Heizmittel bei seiner größten Hitze sind. Die Heizlappen werden so ausgebildet, daß sie in Verbindung miteinander die Züge für das Heizmittel geben. Die Züge können einen Teil der Elemente bilden. Die Säule (Fig. 148) besteht aus vier horizontalen Lagen, jedes Element aus Elektrode 1 (z. B. Zink : Antimon) und Elektrode 2 (z. B. Nickel : Kupfer). Die heiße Stelle der Elemente wird erzeugt (Fig. 149, teilweiser Längsschnitt einer Lage), indem man den Metallstreifen der Elektrode 2 um das innere Ende der Elektrode 1 legt, die an der Seite durch einen Glimmerstreifen isoliert ist. Die Heizlappen 4 haben beispielsweise je zwei Durchlässe. Sie sind, wenn sie zur Verbindung zweier Elemente dienen,

¹⁾ Am. P. 773839 vom 18. 4. 1901.

durch feuerbeständiges Material isoliert (starke Linien in den Fig.). Der Weg der durch den Gasbrenner 57 erzeugten Hitze bis zum Schornstein 60 ist in Fig. 148 durch Pfeile angegeben. Die Gase werden von einem Zug nach dem anderen durch Kappen 62 aus feuerfestem Ton geleitet, deren unterste durch einen Flansch gegen die untere Lage der Elemente geklemmt ist. Die Kappen sind vortheilhaft hohl, so daß der Luftraum die Wärmeisolation unterstützt.

In Fig. 150 sind vier Heizkanäle vorgesehen, durch die das Gas erst abwärts, dann aufwärts, wieder abwärts und wieder aufwärts geht. Elektrode 2 liegt in Elektrode 1. Letztere ist so ausgebildet, daß benachbarte Elemente nach ihrer Zusammenstellung den Heizkanal bilden. Elektrode 2 ist mit einer Kühlröhre vereinigt, die sie elektrisch mit der Elektrode 1 des benachbarten

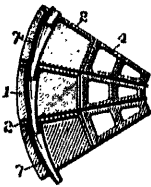


Fig. 149.

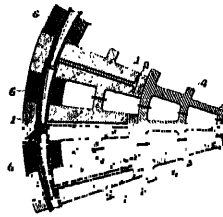


Fig. 150.

Elements verbindet. Isolierende Blöcke liegen bei 6 zwischen den einzelnen Elementen jeder Schicht an ihren kalten Enden.

(Charles A. Randall¹⁾) verbindet die Thermosäule mit einem Heiz- und einem Kühlapparat. Letzterer bringt die betreffenden Lötstellen auf eine Temperatur unter dem Gefrierpunkte. In einem anderen Systeme sind die Thermoelemente, die nur aus Metallen oder aus Metall und Kohle bestehen können, mit einem Apparate für Eiszerzeugung verbunden.

Durch besondere Anordnung von eigenartigen Kühlkammern zwischen Heizkammern will Alfred Wunderlich²⁾ in der Lage sein, eine Thermoanlage nach Art der heutigen Zentralstationen mit Dampfkesseln und elektrischen Maschinen zu errichten. Benutzt wird das Thermoelement nach D. P. 83859³⁾. Fig. 151 zeigt einen senkrechten Schnitt durch eine Ofenanlage, die aus einer Reihe

¹⁾ Am. P. 244666 vom 19. 7. 1881, Abb.

²⁾ D. P. 85829 vom 30. 6. 1895.

³⁾ Siehe S. 60.

nebeneinander angeordneter Heizkammern $H^1 H^2$ usw. mit Rostfeuerung besteht, die durch je eine Kühlkammer $K^1 K^2 K^3$ usw. getrennt sind. Fig. 152 ist eine Draufsicht mit wagerechtem Schnitt durch das Mauerwerk der Heiz- und Kühlkammern. Von den Rosten $J J^1 J^2 J^3$ usw. steigen die Heizgase in der Pfeil-

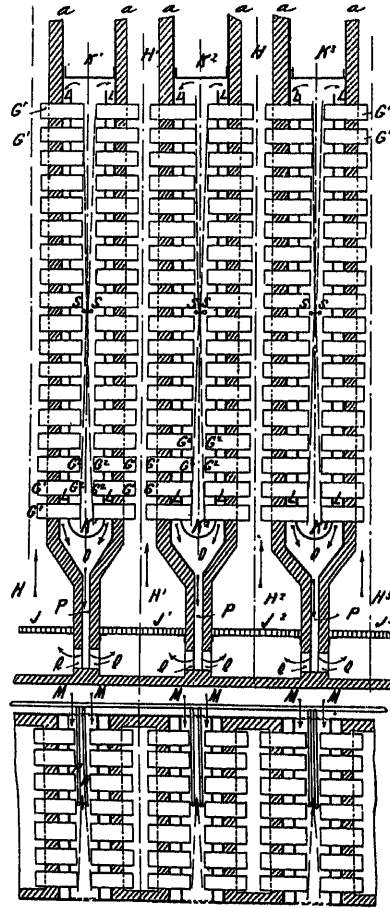


Fig. 151 u. 152.

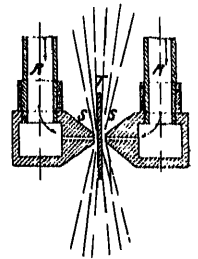


Fig. 153.

richtung nach oben, umstreichen die in den Heizkammern hineinragenden Elementenzylindern G^1 , erhitzen diese und entweichen in den Kamin. In jeder Kühlkammer K ist an einem oder mehreren Punkten eine Wassererstäubvorrichtung oder Wasserbrause $S S$ angebracht, die zweckmäßig nach Art der Fig. 153 angeordnet wird. Hier führen zwei Röhren R das Kühlwasser unter Druck in die

Düsen S , die das Wasser gegen eine Scheibe T anprallen lassen, von wo aus es in feinen Staubstrahlen gegen die Enden G^2 der Thermozyylinder G geworfen wird (Fig. 154). Auf die kalten Kupferkapseln sind zum Abschluß der feuerfesten Hüllen G Kühlkappen U aus emailliertem Eisenblech eng und dicht anschließend aufgesetzt, aus denen die isolierten Stromschlußvermittlungsbleche oder Streifen C und F heraustreten. Jedes der Elemente ragt einerseits so weit in die Heizkammer H^1 wie die Kupferkapsel B lang ist, und andererseits um die Länge der Kapsel D in die Kühlkammer K^1 . Zwischen

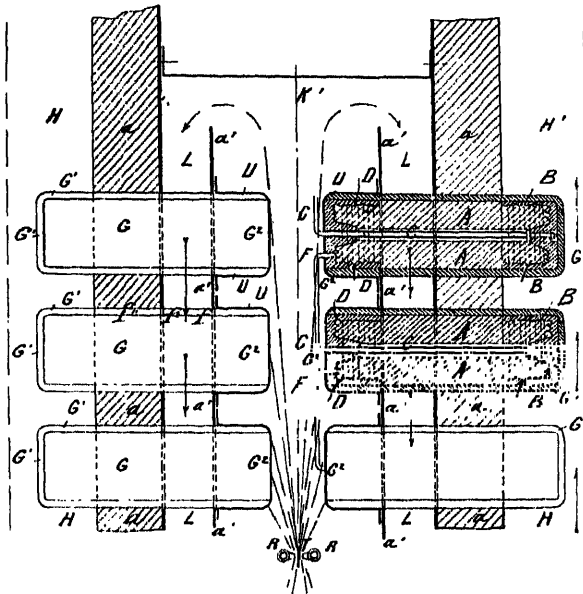


Fig. 154.

beiden Kammern ist einerseits die Abschlußmauer a auf der Seite der Heizkammer und andererseits die Trennungswand a^1 auf der Seite der Kühlkammer. Der durch das zerstäubte Kühlwasser in Berührung mit den Zylinderenden G^2 sich bildende Dampf strömt nach oben in den Raum K^1 und wird seitlich rechts und links durch die Zwischenkammern $L L$ nach unten abgesogen. Das Dampf- und Luftgemisch strömt nach dem Sammelraum O , wo es in Berührung mit den heißen Mauern der Feuerung auf ein Maximum erhitzt wird, und bläst durch P nach Q strömend unter dem Roste ein. Zugleich wird auch aus der hinteren Seite der Ofenanlage durch Öffnungen $M M$ Luft eingesogen, wodurch ein Gemisch von

Luft und Wasserstaub oder Wasserdampf unter dem Roste eingeführt wird. Dieses Gemisch kann man auch in einer Sammelröhre auffangen und im Aschenraum dann durch mit feinen Öffnungen versehene Rohre austreten lassen. Um den Aufbau und die Ausbesserungen leicht bewerkstelligen zu können, verfährt man wie folgt: Eine Anzahl von Zylinderelementen G wird (Fig. 154 und 155) durch Öffnungen $f f^1$ in einen gußeisernen Rahmen d mit Doppelwandung b zu beiden Längsseiten und einer Ausfütterung aus feuerfestem Mauerwerk a eingesetzt. Eine Reihe solcher

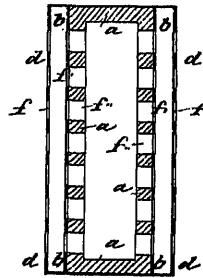


Fig. 155.

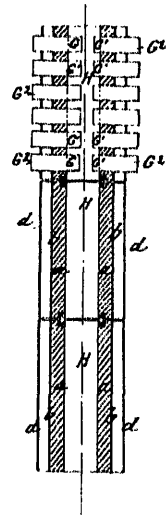


Fig. 156.

Rahmen werden aufeinander gesetzt und bilden dann einerseits die Heizkammern H , andererseits die Kühlkammern K und Zwischenräume L (Fig. 156). Hier ist noch angedeutet, wie zwischen je zwei aneinander folgenden Rahmen zweckmäßig ein wagerechter, mit feuerfestem Stoff gefütterter Träger eingesetzt wird, damit einzelne Rahmen auf beliebiger Höhenlage ausgewechselt werden können, ohne die ganze Wandung abbrechen zu müssen. Zur Kühlung kann auch dienen ein Wasserstrahlrohr im oberen Teil der Kühlkammer mit seitlichen oder nach oben gerichteten Ausströmungsöffnungen oder ein gleiches Rohr im unteren Teile der Kammer oder zwei Wasserstrahlrohre. Die Elemente G können unten mehr zurückgesetzt sein als oben, sodaß sich der Heizraum

nach oben verringert, um gleichmäßige Ausnutzung der Heizgase auf der ganzen Höhe zu erzielen. Oder Wandung I und Elemente G sind nach dem Feuerraum zu geneigt. Oder die Durchmesser der Zylinderelemente G nehmen von unten nach oben zu, was dem Abnehmen der EMK nach oben entspricht, sodaß — bei Verringerung des Widerstandes des Elements im gleichen Verhältnisse — die Stromstärke bei allen Elementen auf der ganzen Höhe dieselbe bleibt.

D. Anwendung der Thermoelemente.

Während anfänglich die Thermoelemente ausschließlich an Stelle anderer Elektrizitätsquellen, namentlich auch von galvanischen Elementen, benutzt wurden, haben sie neuerdings Eingang gefunden, für bequeme und genaue Bestimmung hoher Temperaturen, und zwar nicht nur im Laboratorium, sondern auch in der Praxis. Wir haben im vorhergehenden öfter Gelegenheit gehabt, auf verschiedene Anwendungsarten der Thermoelemente hinzuweisen. Zur Vervollständigung möge das folgende dienen.

I. Messung hoher Temperaturen.

Da die EMK der Thermoelemente mit dem Temperaturunterschiede der Lötstellen steigt, kann man sie zur Wärmemessung benutzen. Für diesen Zweck haben sie in neuerer Zeit namentlich zur Messung hoher Temperaturen¹⁾ Anwendung gefunden, da man die Lötstelle in eng begrenzte Räume bringen kann, wegen

¹⁾ H. Le Chatelier und O. Boudouard, *Mesure des températures élevées*, Paris 1900, S. 103 ff. — C. Barus, *Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen*, Leipzig 1892. — Dr. L. Holborn und Dr. W. Wien, *Ztschr. für Instrumentenk.* 1892, 257 u. 296; *Wied. Ann.* 1892, 47, 107; 1895, 56, 360 u. a. a. O. — L. Holborn und A. Day, *Wied. Ann.* 1899, 68, 815; *Drude's Ann.* 1900, 2, 505. — Kurt Arndt, *Verhandl. Ver. Beförd. Gewerbl.* 1904, 265, Abb. — E. F. Roeber, *Trans. Am. Electrochem. Soc.* 1906, 10, 75. — Die Anwendung in metallurgischen Betrieben haben Hadfield, Stend und Brough begutachtet, vgl. *Electrochem. Ind.* 1904, 2, 431 u. 471, Abb. — Verschiedene thermoelektrische Pyrometer werden *Electrochem. u. Met. Ind.* 1906, 4, 436, Abb., und *L'Ind. él.* 1906, 15, 228, Abb., beschrieben. — Emile Guarini, *Electricity* 1905, 28, 105, Abb. — Edwin F. Northrup, *Proc. Am. Inst. El. Eng.* 1906, 25, 219, Abb. — H. Armagnat, *La Rev. él.* 1906, 6, 309, Abb. — E. Ballois *L'Eclair. él.* 1906, 46, 484, Abb.; 48, 372, Abb. — W. Duddell, *L'Electricien* 1906, [2] 31, 193, Abb.

der niedrigen Spannungen die Isolierung des Thermoelements nicht besonders sorgfältig zu sein braucht, bei Benutzung der Kompensationsmethode zur Messung der Thermo-EMK der Widerstand ganz herausfällt, die Resultate schnell abzulesen sind und die Meßinstrumente in beliebige Entfernung von der Wärmestelle gebracht werden können¹⁾. Die verwendeten Thermoelemente sollte man vor der Benutzung häufig erwärmen und abkühlen innerhalb weiterer Grenzen, als sie nachher für die Temperaturbestimmung in Frage kommen. Unter genügenden Vorsichtsmaßregeln hat man nach White²⁾ in den thermoelektrischen Pyrometern wahre Präzisionsinstrumente. Die größten Fehler können durch Änderung der Homogenität der verwendeten Metalle entstehen. Diese tritt bei Konstantan-Kupfer-Elementen durch die Bildung einer Oxydhaut ein. Wird diese entfernt, so wird nahezu der alte Wert wieder erhalten. Platin absorbiert Dämpfe von Iridium und Rhodium in einer oxydierenden Atmosphäre. Diese Verunreinigungen kann man nicht entfernen, aber durch Einschluß in Röhren aus glasiertem Porzellan vermeiden. Thermoelemente aus Platin-Rhodium und aus Konstantan-Kupfer sind bei genügender Sorgfalt bis auf 0,005 % fehlerfrei. Bei Platin steigt der Fehler bis auf weniger als 0,05 % bei 1000°, bei Konstantan auf weniger als 0,002 % bei Messungen bis 400°.

Zuerst hat Edm. Becquerel 1830 die Thermoelemente für Temperaturmessung nutzbar zu machen gesucht. Seine Methode war ebenso wenig fehlerfrei wie die von Pouillet³⁾, der an das in die Wärmequelle ragende Schwanzende eines Flintenlaufes einen Platindraht fest annietete. Poggendorff⁴⁾ verwandte für Temperaturmessung sein Element aus Eisen- und Neusilberdrähten. Rosetti maß 1877 Flammentemperaturen mit einem aus Platin- und Eisendraht bestehenden Thermoelemente. Es dauerte aber noch längere Zeit, bis sich das Thermoelement für Wärmemessungen einbürgerte. Erst den Arbeiten von H. Le Chatelier⁵⁾ gelang es, die Vorurteile, die man gegen die Methode hegte, zu zerstreuen und ihre Fehler-

¹⁾ Für Temperaturen, die höher als die Schmelzpunkte der Metalle der Thermoelemente sind, benutzt man optische Pyrometer, bei denen die Messung mit Hilfe der Strahlung erfolgt.

²⁾ Phys. Rev. Dez. 1906; El. World 1906, 48, 1208.

³⁾ Compt. rend. 1836, 3, 786.

⁴⁾ Pogg. Ann. 1840, 50, 250.

⁵⁾ J. Phys. 1887 (2) 6, 26.

quellen zu vermeiden. Das von ihm benutzte Thermoelement bestand aus Platin: Platin-Rhodium (9 : 1).

Unter Verwendung von Platiniridium ist nach C. Barus¹⁾ die EMK des Thermoelements rund 23 % höher als bei Benutzung von Platinrhodium. Aber die Fäden müssen vor ihrer Verwendung erst lange ausgeglüht werden, und längere Erhitzung auf 1100° schädigt, selbst in oxydierender Atmosphäre, das Element. Vielleicht läßt sich das Rhodium auch durch Chrom ersetzen.

Die etwa 1 1/2 m langen und 0,6 mm starken Metalldrähte werden vereinigt, am besten durch das Sauerstoff-Leuchtgasgebläse zusammengeschmolzen. Hat man keinen Sauerstoff zur Verfügung, so lötet man mit Palladium im gewöhnlichen Leuchtgas-Gebläse. Will man Gold anwenden und im gewöhnlichen Bunsenbrenner arbeiten, so darf das Thermoelement nur unter 1000° benutzt werden. Zur Isolierung der übrigen Drahtlängen benutzt man im Laboratorium am einfachsten einen Asbestfaden (schmilzt bei 1200° bis 1300°), den man in Form von aneinanderhängenden Achten so windet, daß die Drähte durch die Schleifen der 8 gehen. In der Technik zieht man kleine feuerfeste Zylinder von 100 mm Länge und 10 mm Durchmesser vor, die in der Längsrichtung 1 mm weite Löcher zur Aufnahme der Drähte haben. Mit dieser Isolation werden die Drähte in Röhren aus Eisen oder Porzellan, die an einem Ende geschlossen sind, eingeführt. Erstere kann man bei dauernder Installation nur für Temperaturen bis 800° benutzen, bei gelegentlichen Messungen aber auch für höhere (bis 1600°), da der Temperatureausgleich in höchstens 5 Sek. erfolgt, sodaß das Rohr nicht Zeit hat zu verbrennen. Greifen die Schmelzen, deren Temperatur gemessen werden soll, Porzellan an, so umgibt man dieses nach Tammann²⁾ mit Nickelblech oder Platinfolie und bekleidet mit Magnesia. Im Laboratorium und in den Fällen, wo es sich nicht um die Messung in Bädern sehr flüchtiger Metalle (z. B. Zink) handelt, kann man die Schutzröhren fortlassen und das Element in eine mit Wasserglas angemachte Paste aus sehr fein gemahlenem Quarz und 10 % Ton tauchen, worauf man trocknet und trennt. An den kalten Enden braucht man keine Lötung. Nur muß an ihnen die Temperatur gleichförmig sein, namentlich auch an den Stellen, wo die kupfernen Leitungsdrähte an die Drähte des Thermoelements angelötet sind.

¹⁾ Phil. Mag. 1892 [5] 34, 376.

²⁾ Z. anorg. Chem. 1905, 47, 136.

Da es nicht zwei Elemente gibt, welche genau dieselbe EMK haben, müssen sie geeicht werden¹⁾. Benutzt man die Formel $\log e = 1,2196 \log t + 0,302$, so genügt die Bestimmung zweier Fixpunkte. Sie sollten möglichst in der Nähe der Temperaturen liegen, die später vorwiegend gemessen werden sollen. Zur Kontrolle wird man noch einige andere Punkte festlegen. Als Fixpunkte sind besonders zu empfehlen der Siedepunkt des Wassers, des Naphthalins, des Schwefels und Zinks und der Schmelzpunkt des Platins. J. Violle²⁾ gibt folgende Fixpunkte: Hg 954°, Au 1035°, Cu 1054°, Pd 1500°, Pt 1775°, Jr 1950°. Kurt Arndt³⁾ empfiehlt: Siedepunkt des Schwefels 445°; Erstarrungspunkte von Antimon 632°, von Chlorkalzium 774°, von Natriumkarbonat 852°, von Bariumchlorid 950°, von Kaliumsulfat 1067°. Man trägt die beobachteten Abweichungen als Abszissen auf, die entsprechenden Temperaturen als Ordinaten und verbindet diese Punkte durch eine Kurve, die im wesentlichen geradlinig verläuft.

Die Messung geschieht am genauesten durch die Kompensationsmethode, am einfachsten unmittelbar durch Galvanometer⁴⁾. Diese müssen nach dem Prinzip Deprez-d'Arsonval konstruiert sein. Sie haben meist zwei Skalen; eine zeigt die EMK in Volt, die andere unmittelbar die Temperaturgrade an. Solche Galvanometer werden in Deutschland von Keiser & Schmidt⁵⁾ und Siemens & Halske⁶⁾ in Berlin hergestellt, während die Thermoelemente W. C. Heraeus in Hanau liefert⁷⁾. Eine empfindliche Kompensationsschaltung beschreibt R. A. Lehfeldt⁸⁾. Der Widerstand im Untersuchungskreis ist auf höchstens 2 Ω (ohne Galvanometerwiderstand) verkleinert. Dabei gibt die kleinste Ablesung ($\frac{1}{40}$ mm) am Schleifdraht 1 μ m Mikrovolt. Gegen zufällige Thermokräfte ist der Apparat durch gute Wärmeisolation und ausschließliche Verwendung von

¹⁾ Über die Eichung vgl. z. B. Daniel Berthelot (L'Electricien 1902, [2] 23, 332).

²⁾ Compt. rend. 1879, 89, 702.

³⁾ Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, Berlin 1907, S. 290.

⁴⁾ Statt seiner kann man nach Georges Rosset (Centralbl. Accum. 1905, 6, 23) auch Amperemeter mit Shunt verwenden.

⁵⁾ Elektrochem. Ztschr. 1905, 12, 35, Abb.

⁶⁾ Letztere Firma (vgl. Ztschr. Instrumentenk.; Elektrochem. Ztschr. 1905, 12, 168) und Queen & Co. in Philadelphia, sowie Roussele & Tournaire in Paris bauen auch selbstregistrierende Instrumente. Eine Registrieranordnung für Temperofen und die Heißluftzüge von Hochofen beschreibt L. Ramakers (The El. Mag. 1905, 3, 373, Abb.).

⁷⁾ Vgl. Ztschr. Instrumentenk. 1895, 15, 373.

⁸⁾ Phil. Mag. 1903, 5, 668; Centralbl. Accum. 1903, 4, 290.

Kupfer und Manganin geschützt. Für laufende Arbeiten kann man bei der Kompensationsmethode, wie die Physikalisch-Technische Reichsanstalt¹⁾ mitteilt, das Normalelement durch einen Widerstand von 0,1 Ω ersetzen. Diese kompensierte Anordnung, die Siemens & Halske herstellen, kann als Kontrollapparat für die gewöhnlichen Pyrometer und für genaue Messungen in der Technik dienen. Roberts-Austin²⁾ läßt die Ablenkungen der Galvanometernadel durch die bewegte Platte eines photographischen Apparates aufnehmen.

Da die Le Chatelier'schen Pyrometer nach J. Bronn³⁾ über 1500° kaum betriebssicher sind, muß man bei dieser Temperatur und bei Messungen bis gegen 2000° zu dem von W. C. Heraeus⁴⁾ gelegentlich angewandten Thermolement aus Iridium: Iridium-Ruthenium (9:1) greifen.

Sieht man bei diesen hohen Temperaturen von den Edelmetallen ab, so gewinnt man außer der Kostenersparnis den Vorteil, daß die Schenkel nicht zu dünn zu sein brauchen und also nicht leicht zerreißen. S. Kokosky⁵⁾ verwendet Kohle, Graphit oder andere Kohlearten oder Mischungen von solchen entweder in Form von Stäben nach Art der Bogenlichtkohlen oder preßt sie in Pulverform in U-förmig gebogene Röhren aus feuerfestem Material derart, daß beispielsweise ein Schenkel mit Graphit, der andere mit Retortenkohle angefüllt wird. Die in solchen Kombinationen entstehenden Thermokräfte sind genügend groß, um in den bisher für solche Messungen gebräuchlichen Galvanometern gemessen werden zu können. Zudem gestattet die Wohlfeilheit des Materials, Pyrometer aus mehreren solchen hintereinander geschalteten Elementen zu bilden, so daß auch weniger empfindlich konstruierte Spannungsmesser verwendet werden können. Zur Verhütung des Verbrennens der Kohle werden die Elemente mit einer Armatur aus feuerfestem Porzellan umgeben.

Thermoelemente aus Kohle in Verbindung mit schwer schmelzbaren Metallen (Nickel, Platin) haben sich ebenfalls gut bewährt. Diese Metalle gehen jedoch in glühendem Zustande leicht Verbindungen mit der Kohleein, die zu ihrer allmählichen Zerstörung führen. Um die Metalle

1) Ztschr. Instrumentenk. 1899, 19, 249, Abb.

2) Lum. él. 1893, 49, 400.

3) Z. angew. Chem. 1905, 18, 462.

4) Z. angew. Chem. 1905, 18, 49.

5) D. P. 168 297 vom 10. 5. 1904.

vor jeder Berührung mit der Kohle oder den aus dieser entweichenden Gasen zu schützen, verbinden Paul Braun & Co.¹⁾ die beiden wirksamen Körper an der heißen Lötstelle unter Zwischenschaltung eines leitenden Stoffes, der, wie z. B. Eisen, von der Kohle nicht angegriffen wird und ebenso das Metall nicht angreift. Dieses Zwischenstück erhält dabei vorteilhaft um die Verbindungsstelle mit dem zu schützenden Metalldraht herum eine Nut, die das Ende eines den Draht auf seiner ganzen Länge umschließenden, gasundurchlässigen Schutzrohres in sich aufnimmt. Je nachdem der Draht in einem in der Kohle befindlichen Kanal oder neben dieser hochgeführt werden soll, ist die Form des Zwischenstückes oder des Trennungrohres entsprechend

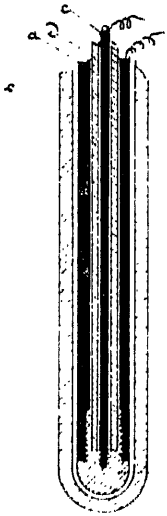


Fig. 157.

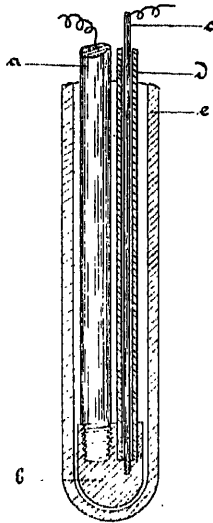


Fig. 158.

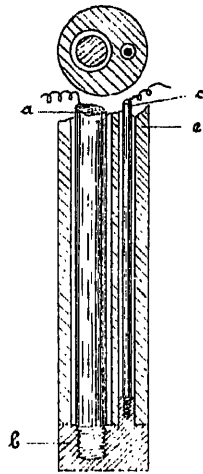


Fig. 159.

einzurichten. Fig. 157 zeigt die erstere Form, wobei *a* das Kohlerohr, *b* das Zwischenstück, *c* den Metalldraht, *d* das Trennungrohr und *e* das zum Schutze des gesamten Elementes dienende äußere Rohr bezeichnet. In Fig. 158 ist der Draht neben der Kohle hochgeführt, und in Fig. 159 ist das äußere Schutzrohr gleich mit einem Kanal zur Aufnahme des Metalldrahtes versehen.

Die Enden der beiden stromerzeugenden Leiter werden²⁾ zum unmittelbaren Wärmezufluß beim Anlegen an die zu messenden Gegenstände an eine frei zu Tage tretende Platte aus schwer

¹⁾ D. P. 165324 vom 19. 10. 1904; D. Gebr.-M. 234 792 vom 28. 9. 1904, Abb.; Centralbl. Accum. 1905, 6, 29.

²⁾ D. Gebr.-M. 255090 vom 29. 5. 1905.

schmelzbarem Metall geführt, die zwecks guter Wärme-Isolierung erst unter Zwischenschaltung von Wärme schlecht leitendem Material mit der Fassung des Elements verbunden ist.

Thermoelemente mit Halbedelmetallen (Nickel), die billiger und für Temperaturmessungen von -200 bis $+600^{\circ 1)}$ etwas empfindlicher als die Le Chatelier'schen Elemente sind, weisen nach dem Bericht²⁾ über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt i. J. 1904 im allgemeinen nicht dieselbe Genauigkeit und Unveränderlichkeit auf.

Dagegen zieht Frederick F. Schuetz³⁾ die billigen Metalle (Nickel, Wolfram, Stahl, Kupfer usw.) dem teuren Platinrhodium vor. Man isoliert und schützt die Thermoelemente auf bequeme Weise, indem man jede Elektrode mit Asbestfäden umwickelt und dann diese mit Carborund-Anstrich unter Benutzung von Natriumsilikat als Bindemittel versieht. Zum Schutze bei 1100° und mehr dienen Röhren aus Nickel, Graphit oder Porzellan. In Bleibädern wird der vorerwähnte Anstrich durch ein an einem Ende zusammengeschweißtes Eisenrohr geschützt. Da der Widerstand an der heißen Lötstelle steigt, wird von Anfang an ein anderer vorgelegt und dann allmählich durch einen Quecksilber-Kompensator ausgeschaltet. Eine ähnliche Kompensationseinrichtung kommt an das kalte Ende in Serie⁴⁾.

Gleichfalls für die unedlen Metalle tritt H. Pécheux⁵⁾ ein. Er hat bei einem Nickel-Kupfer-Element, dessen Lötstelle gut durch ein Pfeifentonrohr isoliert und vor Oxydation geschützt war, nach gehöriger Abkühlung nach der Lötung, um den Thomson-Effekt zu vermeiden, bei Temperaturen bis 720° einen Fehler von $0,70^{\circ}$ gefunden, während Platin:Platin-Iridium einen von $2,75^{\circ}$ lieferte.

Für Temperaturen von $+600^{\circ}$ bis -200° sind die Elemente Kupfer:Konstantan und Eisen:Konstantan mit Vorteil zu benutzen⁶⁾. Letzteres Element wird zu dem Zwecke z. B. von Keiser & Schmidt in den Handel gebracht.

¹⁾ Für Messungen bis zu dieser Temperatur, bis zu der die EMK dem Temperaturunterschiede nahezu proportional ist, hat W. Siemens schon vor Le Chatelier Eisen:Neusilber-Elemente verwendet.

²⁾ Zeitschr. Instrumentenk. 1905, Heft 4 u. 5; Elektroch. Ztschr. 1905, 12, 168.

³⁾ Ithaca-Sitzung der Am. Electrochem. Soc.; West. El. 1906, 38, 479.

⁴⁾ Siehe S. 146.

⁵⁾ Acad. sciences 3. 9. 1906; L'Ind. él. 1906, 15, 458.

⁶⁾ Vgl. z. B. C. W. Waidner, El. Rev. N. Y. 1904, 45, 885.

Georges Rosset¹⁾ empfiehlt, wenn es sich um mittelhohe Temperaturen handelt und ein chemischer Angriff nicht zu befürchten ist, Eisen- und Neusilber- oder Nickeisen-Drähte von 1 mm Durchmesser, die eine große EMK geben.

Kobalt verwendet Albert L. Marsh²⁾ als elektropositives Metall an Stelle von Nickel-Kupfer, wenn seine Chromelemente³⁾ für Temperaturmessungen dienen sollen.

Für Temperaturen bis 1000° und 1100° nehmen Crompton & Co.⁴⁾ Nickelstahl in einer Stahlröhre.

William H. Bristol⁵⁾ empfiehlt als positive Legierung den billigen Wolframstahl (mit 5—25 % Wolfram), als negatives Metall reines Nickel oder wenigstens eine Legierung, in der das Nickel stark überwiegt. Bei Rotglut (650°) ist auch Neusilber verwendbar. Statt Wolframstahl kann man, allerdings nicht mit demselben Erfolge, Mangan- oder Chromstahl verwenden.

Oder er setzt⁶⁾ wegen des hohen Preises und der verhältnismäßig schlechten Leitfähigkeit des Platins und seiner Legierungen an die Platinelemente Leiter aus billigerem Metalle (z. B. Eisen oder Nickel) von viel größerem Querschnitte an. Dann entstehen aber durch Wärmeleitung und -strahlung an den Vereinigungspunkten Ströme von entgegengesetzter Richtung. Man muß diese dadurch aufheben, daß man einen Leiter kürzer oder dünner macht oder die Leiter aus verschiedenen Metallen oder Legierungen herstellt, oder die eine Elektrode des primären Elements dicker macht, oder ihr eine größere Oberfläche gibt, so daß sie die Hitze schneller nach dem Vereinigungspunkte mit dem Leiter des sekundären Elements leitet.

Damit das Element besonders empfindlich für Temperaturschwankungen wird und die Leitfähigkeit der Schenkel dennoch nicht merklich beeinflusst wird, verringert derselbe Erfinder⁷⁾ den Querschnitt an und nahe der Vereinigungsstelle, während die Schenkel verhältnismäßig große Leitflächen erhalten. Die Schenkel

1) Centralbl. Accum. 1905, 6, 23 und 37, Abb.

2) Am. P. 786 577 vom 18. 10. 1904; übertragen auf William A. Spinks & Co.

3) Siehe S. 20.

4) Electrochem. a. Met. Industry 1906, 4, 286, Abb.; The Electrician 1906, 56, 808, Abb.

5) Am. P. 764 174 vom 18. 2. 1904.

6) Am. P. 764 177 vom 5. 3. 1904.

7) Am. P. 764 175 vom 5. 3. 1904; E. P. 14545 vom 28. 6. 1904.

laufen nach außen wieder in dünnere Enden aus, so daß sie durch Mäntel leicht auf wesentlich konstanter Temperatur gehalten werden können. Die Schenkel und ihre nach der Schweiß- oder Lötstelle zu dünner werdenden Teile werden in feuerbeständiges Isoliermaterial eingebettet, das noch einen Mantel aus Eisen oder einen Überzug aus Graphit o. ä. erhalten kann. Die Empfindlichkeit für Temperaturänderungen wird erhöht, wenn man die dünneren nach der Vereinigungsstelle gehenden Enden noch teilt, so daß der Gesamtquerschnitt der Teilzweige gleich dem des ursprünglichen dünneren Endes wird. Nimmt man ihn größer, so wird der Widerstand des Elements vermindert ohne wesentlichen Verlust an Empfindlichkeit. Man kann auch (Fig. 160) die Schenkel *a* des



Fig. 160.

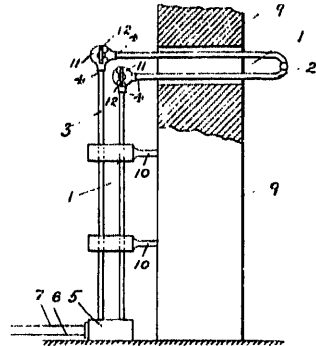


Fig. 161.

Elements *A* in so viel Teile zerlegen, als unterteilte dünnere Enden *c' d'* nach der Vereinigungsstelle *1* gehen, und die äußeren kalten Enden *2* an gemeinsame Leiter *10, 11* anschließen.

Eine andere Erfindung von William H. Bristol ¹⁾ läuft darauf hinaus, daß vom Thermoelement immer der eine Teil (die kalten Enden) geeignet installiert bleiben kann, während man den anderen wirksamen Teil erst anzusetzen braucht, wenn der Ofen, das Bad usw. fertig sind, und ihn leicht und billiger als das ganze Element erneuern kann. Das Element *1* (Fig. 161) besteht aus dem primären oder wirksamen Teil *2* und dem sekundären *3*. Die äußeren kalten Enden des letzteren sind mit dem Sockel *5* verbunden, der eine geeignete Kompensationseinrichtung ²⁾ enthalten kann. In ihn paßt ein gewöhnlicher Pflock mit den Leitungen *6* und *7*, die nach einem Meßinstrument führen.

¹⁾ Am. P. 811 819 vom 30. 6. 1905.

²⁾ Siehe S. 135.

Der sekundäre Teil 3 kann ständig an der Ofenwandung 9 befestigt sein, z. B. durch die Klammern 10. Die Enden 4 der Teile sind durch eine offene Falz-Kuppelung 11 und eine Flügelmutter 12 (vgl. d. Einzelteile in Fig. 162—165) verbunden. Die Enden der Elemente schmilzt oder lötet man an die Polstücke. Diese bestehen alle aus demselben Metall, damit keine Sekundärwirkungen auftreten, und vorteilhaft aus Kupfer, damit eine unangreifbare und gute Berührungsfläche erhalten wird. Durch diese sehr einfache und wirk-same Art der Vereinigung wird auch ein falsches Verbinden der



Fig. 162.



Fig. 163.



Fig. 164.



Fig. 165.

Elektroden unmöglich gemacht. Man kann aber auch die Polstücke fortlassen und die Enden der Teile abflachen, lochen und zusammenbolzen.

Wenn man die Verbindungsstelle auf einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur durch einen von einem Wassermantel um-

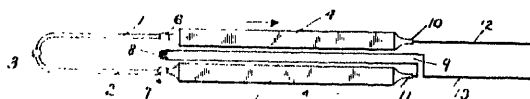


Fig. 166.

gehenen isolierenden Schutz hält oder die Verbindungen so anordnet, daß die Wirkungen der Temperaturänderungen auf sie neutralisiert werden, so braucht man im ersteren Falle ziemlichen Raum und arbeitet unpraktisch, während im letzteren das Aufsuchen der Metallkombination, die dem gewünschten Ergebnis völlig entspricht, viele Versuche erfordert. Leichter gelangt man nach William H. Bristol¹⁾ zum Ziele, wenn man die im Am. P. 764177²⁾ angestrebte Neutralisation durch geeignete Kompensationsmittel vervollständigt. Es sei (Fig. 166) 1, 2 ein Platin:Platinrhodiumelement mit der Lötstelle 3. Daran angesetzt sind bei 6, 7 die billigeren und besser leitenden Teile 4, 5 (z. B. aus Eisen, Stahl, Nickel oder

¹⁾ Am. P. 839984 vom 2. 12. 1905.

²⁾ Siehe S. 133.

ihren Legierungen). Sie können ohne wesentliche Verteuerung so groß gemacht werden, daß ihr Widerstand klein ist und durch Temperaturänderungen kaum beeinflusst wird. Die Teile 4, 5 sind so weit von der heißen Lötstelle entfernt, daß sie von deren Hitze nur einen unschädlichen Teil durch Leitung oder Strahlung erhalten. In den Punkten 6, 7 entstehen Sekundärströme, die dem Hauptstrome entweder entgegengesetzt oder, wie in Fig. 166, gleich gerichtet sind. Um im letzteren Falle die Vermehrung der Gesamtwirkung des Thermoelements bei Temperatursteigerung an den Punkten 6, 7 zu verhindern, wird entweder wie in Fig. 166, oder zwischen 2 und 7 ein Widerstand 8 mit positivem Widerstandskoeffizienten in Serie mit einer der Elektroden 4, 5 oder den Elektroden 1, 2 eingeschaltet. Da er nahe an den Vereinigungspunkten 6, 7 liegt, wird er bei deren Erhitzung stärker. Berechnet man ihn so, daß er den Strom in demselben Maße schwächt, wie der Sekundärstrom ihn verstärken würde, so hängt die Stromstärke

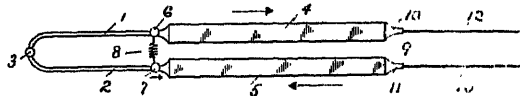


Fig. 167.

des Thermoelements nur von dem Temperaturunterschiede zwischen der heißen Lötstelle 3 und der kalten 9 ab. Streben andererseits die Sekundärwirkungen den Hauptstrom zu schwächen, so wird der Widerstand 8 parallel zum Thermoelement, entweder, wie in Fig. 167, zwischen 6 und 7, oder zwischen 12 und 13 gelegt. Steigt dann die Temperatur bei 6 und 7 und mit ihr der Widerstand 8, so wird weniger Strom des Elements kurzgeschlossen. Nicht so vorteilhaft kann man Widerstände mit negativem Koeffizienten entsprechend anordnen.

Man kann auch ¹⁾ ein Haupt-Thermoelement oder mehrere hintereinander schalten mit einem Hülfelement oder mehreren, so daß das kalte Ende des ersteren und das heiße des letzteren derselben Temperatur ausgesetzt werden, und Schwankungen der letzteren gleiche und entgegengesetzte Wirkungen in den Elementen hervorrufen, also die Thermo-EMK nur von dem Temperaturunterschiede zwischen dem heißen Ende des Hauptelements und

¹⁾ Am. P. 839985 vom 26. 12. 1905.

dem kalten des Hilfselements abhängt, Temperaturänderungen an zwischenliegenden Punkten demnach keinen Einfluß auf die Gesamtwirkung der Thermosäule haben. Z. B. ist hinter das Platin: Platinrhodiumelement oder mehrere solcher Paare 10 in Hintereinanderschaltung (Fig. 168), deren Lötstelle bei 11 liegt, an dem kalten Ende 14 das Hilfselement 12 aus Nickel, Nickellegierungen, Eisen usw. durch die Leiter 15, 16 aus Metallen, die mittleren Temperaturen widerstehen, geschaltet. Die EMK des Hauptelements 10 hängt von dem Temperaturunterschiede zwischen 11 und 14, die des Hilfselements 12 von dem zwischen 13 und 17 ab. Da das kalte Ende 14 des Elements 10 dieselbe Temperatur wie das heiße Ende 13 des Elements 12 hat, beeinflusst eine Temperaturänderung an diesem Punkte die Säule als solche nicht, solange dieselben Temperaturunterschiede zwischen den Enden jedes Elements gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete thermoelektrische Wirkungen in

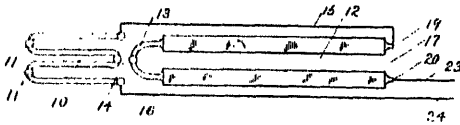


Fig. 168.

jedem Element erzeugen. Indessen ist es oft schwierig, die Elektroden so zu wählen, daß dieses Ergebnis vollständig erreicht wird. Man gibt deshalb vorteilhaft dem Hilfselement eine etwas höhere EMK als dem Hauptelement und stellt dann das Gleichgewicht durch einen Nebenschlußwiderstand zwischen den Elektroden des Hilfselements 12 her. Möge beispielsweise das heiße Ende 11 eine Temperatur von 1000° F., die Enden 13 und 14 eine solche von 800° F. haben, so gibt am Galvanometer das Element 10 einen Ausschlag von 200 Teilstrichen, das Element 12 einen von 800, sodaß man zusammen den Ausschlag 1000 erhält. Dieser bleibt bestehen, wenn die Temperatur bei 13 und 14 auf 700° fällt, da dann das Element 10 den Ausschlag 300, das Element 12 den Ausschlag 700 erzeugt. Gibt aber der Temperaturunterschied 800° bei 13 und 14 einen Ausschlag 1600 statt 800, so ist der Gesamtausschlag 1800, sinkt er auf 700° , so wird der dieser Temperatur entsprechende Ausschlag 1400, während der von Element 10 erzeugte wie vor 300 beträgt, sodaß man einen Gesamtausschlag von 1700 statt vorher 1800 bei demselben Temperaturunterschiede von

1000° erhält. Dieser Fehler wird vermieden und die Gesamtwirkung der Säule nur von dem Temperaturunterschiede zwischen 11 und 17, nicht aber mehr von Temperaturschwankungen zwischen dem heißen Ende 11 und dem kalten 17 abhängig, wenn man den vorhin erwähnten Nebenschlußwiderstand anbringt. Seine Lage zum Element 12 ist unwesentlich. Er kann irgendwo zwischen den Endigungen 19, 20 oder in der Nähe des heißen Endes 13 liegen. In letzterem Falle erfüllt er auch den im vorhergehenden Abschnitt erörterten Zweck. Statt den Widerstand aus einem Stücke zu machen, kann

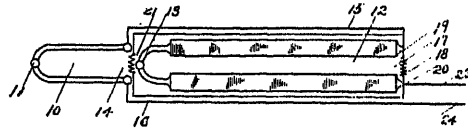


Fig. 169.

man ihn auch, wie in Fig. 169, teilen. Der eine zwischen den Enden 19, 20 liegende Teil 18 regelt dann die stärkere Wirkung des Elements 12, während der andere nahe dem kalten Ende 14 liegende Teil 21 die Sekundärwirkungen an den Vereinigungspunkten

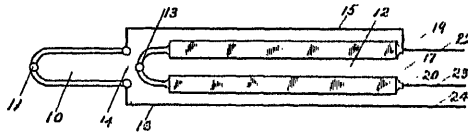


Fig. 170.

der Elektroden des Elements 10 mit den Leitern 15, 16 kompensiert. Ist die EMK des Hauptelements (z. B. wenn es aus Antimon und Wismuth besteht) größer als die des Hilfselements (aus Eisen und einer Nickellegierung), so nimmt man statt des letzteren mehrere hintereinander geschaltete Elemente, sodaß ihre EMK gleich der des Hauptelements oder größer wird. Die EMK des Hauptelements größer zu wählen und den Nebenschlußwiderstand an ihm anzubringen, würde unökonomisch sein, da man bei dem größeren Widerstande und der Kostspieligkeit seiner Materialien es am besten möglichst kurz macht. Mit der beschriebenen Anordnung kann man die Temperatur an verschiedenen Stellen der Thermosäule messen. Fügt man z. B. (Fig. 170) zu den beiden Leitern 23 und 24 einen dritten 22, der an der Endigung 19 liegt, so kann man

durch geeignete Schaltungen entweder das Element 12 oder die Elemente 10 und 12 an ein und dasselbe Meßinstrument legen und dadurch nacheinander die Temperatur an den heißen Enden 11 und 13 erhalten. Von den weiter möglichen Abänderungen zeigt Fig. 171 ein Beispiel.

Ähnlich wie Bristol¹⁾ verlängern auch Chauvin & Arnoux²⁾ für Temperaturen unter 1000° ein äußerst kurzes Platin:Platin-Rhodiumelement durch ein Eisen:Konstantanelement. Man kann bis 1000° homogenes Eisen von solcher Masse verwenden, daß die parasitären Ströme nicht störend wirken. Das Eisen wird in einer reduzierenden Atmosphäre elektrisch an einen Draht aus einer Legierung Kupfer-Nickel-Mangan geschweißt, die in einer dickwandigen Eisenröhre von 14 mm äußerem Durchmesser durch

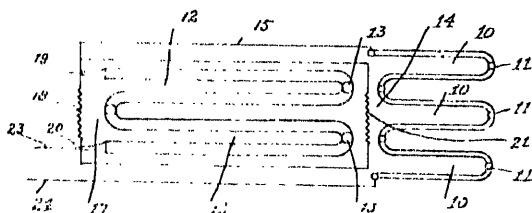


Fig. 171.

Asbest gehalten und isoliert wird. Diese Röhre ist über 1000° nicht verwendbar. Mit einem starken Platindraht von nur kleiner Länge kommt man aus, wenn man den Temperaturunterschied dadurch auf zwei Malen mißt, daß man hinter das Platinelement das Eisenelement schaltet, dessen heiße Lötung an derselben Stelle wie das kalte Ende des Platinelements liegt. Da das Eisenelement eine viel höhere EMK als das Platinelement hat, so verbindet man die beiden Enden durch einen Widerstand, sodaß man an dessen Enden dieselbe Potentialdifferenz bei gleichem Temperaturunterschiede hat. Auf diese Weise verringert man den Gesamt Widerstand und kann lange Rohre anwenden. Es gibt ein Element Eisen: konstantan-ähnliche Legierung, das bei Schluß eine Kurve liefert, die bei Temperaturen zwischen der zu messenden und derjenigen der heißen

¹⁾ Über dessen Pyrometer s. a. D. P. 167646 vom 19. 2. 1905 u. 169497 vom 28. 6. 1904, Abb.; E. P. 2934/1905; El. Rev. N. Y. 1906, 48, 782, Abb.

²⁾ Pillier, La Rev. él. 1906, 6, 22, Abb.; Bull. Soc. intern. des El. 1906, 6, 183, Abb. M. Allamet, L'Electricien 1907, [2] 33, 293.

Lötstelle jenes Elements sich genau über die des Platinelements legt, sodaß man schließlich dasselbe Ergebnis wie mit dem Platinelement allein erhält.

Bei dem Pyrometer geht einer der Drähte durch eine Röhre aus Marquardt'scher Masse. Diese und der andere Draht werden von einem weiteren oben geschlossenen Porzellanrohr umhüllt, das unten eine Scheibe trägt. Diese wird unter Zwischenlage von Asbestringen durch eine Eisenmutter gegen ein Gußeisenstück gepreßt, an das (bei mittleren Temperaturen) ein Eisenrohr zum Schutze der Porzellanröhre angesetzt werden kann. Auf der anderen Seite ist an das Gußeisenstück eine 80 cm lange Eisenröhre angeschraubt. Durch sie gehen zwei mit Asbest umflochtene, an das Platinelement gelötete Kupferdrähte und ein Draht der obigen Legierung, der an das Eisenrohr in Höhe des kalten Endes des Platinelements gelötet ist. Die drei Drähte sind mit Kupferstiften im Heft verbunden. Auf dieses ist das Eisenrohr unter Zwischenlage eines Kupferstücks aufgeschraubt, das einerseits mit einem der vom Platinelement kommenden Drähte unmittelbar und andererseits mit dem Legierungsdraht unter Zwischenfügung eines Widerstandes verbunden ist. Das Heft trägt ein Thermometer zur Angabe der Temperatur der kalten Lötstelle des Kompensationselements, die zu der am Galvanometer abgelesenen hinzugefügt werden muß. Vom Heft gehen zwei Drähte zum Galvanometer.

Sehr empfindlich wird ferner das Pyrometer, wenn man die Wärmestrahlen durch optische Hilfsmittel in der heißen Lötstelle eines Thermoelementes konzentriert. Der Apparat von Charles Féry¹⁾ besitzt die Form und die Einrichtungen eines gewöhnlichen optischen Fernrohres mit positivem Okularglas und einem verschiebbaren Objektiv aus Flußspat, Glas oder anderem die Wärme wenig aufnehmenden Material. Das Fadenkreuz wird gebildet durch zwei an ihrem Kreuzungspunkte zusammengelötete dünne Drähte aus zwei verschiedenartigen, in der thermoelektrischen Spannungsreihe möglichst weit auseinander stehenden Stoffen, die nicht schwer schmelzbar zu sein brauchen. Auf dem Kreuzungspunkt der möglichst feinen Drähte wird zweckmäßig ein kleines rundes oder quadratisches Metallplättchen angeordnet, das auf der der Linse oder dem Spiegel zugekehrten Seite geschwärzt und auf der anderen Seite poliert ist. Die kalte Lötstelle des Elementes wird gewissermaßen durch den zylindrischen Mantel des Instruments selbst gebildet. Sie umgibt

¹⁾ D. P. 135 064 vom 13. 6. 1901.

die andere Lötstelle vollständig und besitzt im Verhältnis zu dieser eine beträchtliche Masse. Die Vorrichtung zum Konzentrieren der Strahlen kann aus gegebenenfalls zusammengesetzten Linsen oder aus Spiegeln von geeigneter Krümmung bestehen und kann längs der das Fadenkreuz umschließenden Röhre verschoben werden. Ein Teil der von der Linse oder dem Spiegel ausgehenden Strahlen wird abgeblendet durch eine mit einem Loch versehene Metallplatte. Fig. 172 zeigt einen Längsschnitt des Instrumentes in Form eines Fernrohres, Figur 173 die Vorderansicht des thermoelektrischen Elementes oder Fadenkreuzes. O ist das Objektiv, das durch das Zahngetriebe P bis in die Stellung O^1 ausgezogen werden kann, um einen naheliegenden Körper zu fixieren. O^1 ist ein gewöhn-

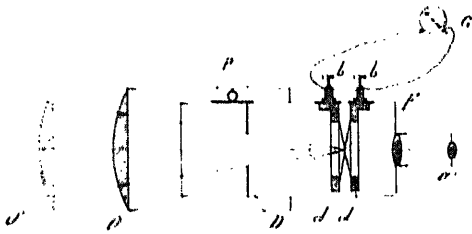


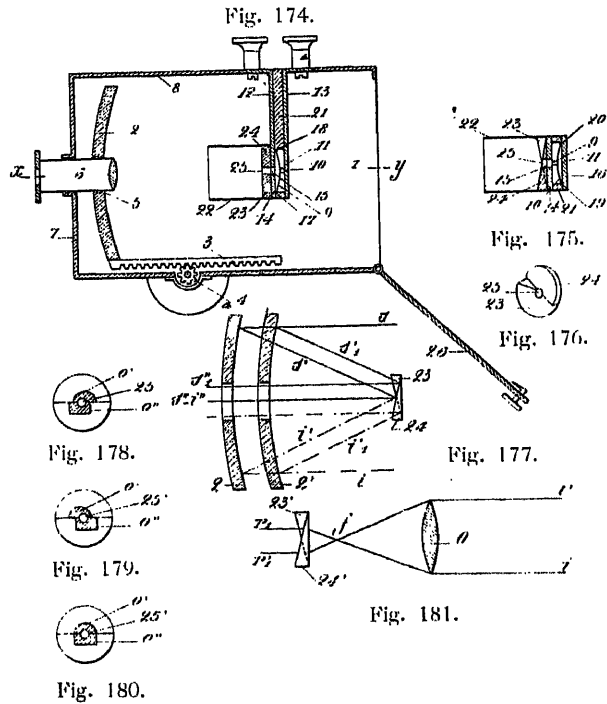
Fig. 172.



Fig. 173.

liches positives Okularglas. D ist das Diaphragma in unveränderlicher Entfernung vom Fadenkreuz P . Jeder der beiden gekreuzten Drähte des Fadenkreuzes ist mit seinen beiden Enden nn an einer der dicken Metallscheiben $d d$ angelötet, die von der Masse des Instrumentes elektrisch isoliert sind. Diese beiden Scheiben (kalte Lötstelle) stehen durch äußere Polklemmen $b b$ mit dem Galvanometer G in Verbindung. Zwischen die beiden über Kreuz gespannten Drähte ist das Plättchen P' eingeschoben und mit ihnen verlötet. Beim Gebrauch des Apparates sieht man durch das Okular nach dem Gegenstande, dessen Temperatur gemessen werden soll, und richtet das Fernrohr so, daß das Bild des Gegenstandes auf das Fadenkreuz fällt. Dann verschiebt man das Objektiv entsprechend der Entfernung des Gegenstandes vom Instrument, d. h. man bringt es näher an das Fadenkreuz und die Blende, wenn der Gegenstand weiter, und man entfernt es mehr von dem Fadenkreuz und der Blende, wenn der Gegenstand näher dem Instrument liegt. Nach der Einstellung liest man die Temperatur des beobachteten Körpers an dem Galvanometer G ab.

Neuerdings¹⁾ ist das Instrument so verbessert, daß die optische Vorrichtung sehr genau und leicht eingestellt werden kann. Fig. 174 zeigt den Vertikalschnitt des verbesserten Teleskops, Fig. 175 und 176 im Horizontalschnitt nach $x-y$ und in schaubildlicher Ansicht die das sehr genaue und leichte Einstellen des Teleskops ermöglichende Einrichtung. Fig. 177—180 sind schematische Darstellungen, um das Verständnis der Beschreibung der Teleskopwirkung zu erleichtern. Fig. 181 ist eine schematische Ansicht der Einrichtung bei einem Fernrohr. Das Teleskop 1 (Fig. 174) ist mit



einem Hohlspiegel 2 ausgerüstet, der durch eine Zahnstange 3 und einen kleinen Trieb 4 bewegt wird. Der Spiegel 2 ist in seiner Mitte mit einer Öffnung 5 versehen, durch die ein Okular 6 hindurchgesteckt ist, das an dem Boden 7 eines rohrförmigen Kastens 8 befestigt ist, der den Rahmen des Teleskops bildet. Im Innern des Rohres 8 (Fig. 174 und 175) befindet sich ein Thermoelement. Es besteht aus zwei Metallstreifen 9, 10 (z. B. Eisen und Konstantan) im Bodenteile des Rohres 22. An ihrem Kreuzpunkte 11 ist eine

¹⁾ D. P. 166 390 vom 3. 7. 1904; Zusatz zu vorigem. La Rev. él. 1906, 5, 33, Abb.; Electrochem. Met. Industry 1905, 3, 478, Abb.

kleine auf einer Seite geschwärzte Silberplatte angelötet. Die beiden Enden der Streifen 9, 10 sind an Messingstücke 12, 13 gelötet, deren eines 12 in eine Scheibe 14 endet, die in ihrer Mitte mit einer Öffnung 15 versehen ist, während das zweite Messingstück 13 an seinem Ende eine volle Scheibe 16 trägt (Fig. 175). Die beiden Lötstellen 17, 18 des Streifens 9 befinden sich auf dem Messingstück 12, die beiden Lötstellen 19 und 20 des Streifens 10 an dem Messingstück 13. Die beiden Messingstücke 12 und 13 sind durch eine Zwischenplatte 21 voneinander isoliert (Fig. 175). Im Innern des Rohres 22 sind ferner zwei kleine Spiegel 23 und 24 angeordnet, die vor der Lötstelle 11 liegen und dazu bestimmt sind, die einfallenden Strahlen nach dem Okular 6 zu reflektieren. Sie sind etwas prismatisch ausgebildet (Fig. 176) und mit einer mittleren Öffnung 25 versehen. Das dem Okular 6 gegenüberliegende Ende des Teleskops ist mit einem geeigneten Verschluss ausgerüstet, beispielsweise einem Scharnierdeckel 26 (Fig. 174). Um eine Beobachtung zu machen, wird Okular 6 in Richtung des Gegenstandes gebracht, und der Spiegel 2 verstellt, bis das Bild dieses Gegenstandes genau in die Öffnung 25 fällt, in welcher Stellung die größte Wärmemenge durch die Öffnung 25 hindurchtritt. Betrachtet man in der Fig. 177 einen einfallenden Strahl s , der den Spiegel 2 oberhalb der Achse des Instruments trifft, so wird dieser Strahl in der Richtung s' reflektiert. Schließlich reflektiert der Spiegel 21 den Strahl in der Richtung s'' nach der Achse des Instruments. Wird nun der Spiegel 2 in die Stellung 2' verstellt, so wird derselbe einfallende Strahl s nach den Richtungen s_1' und s_1'' reflektiert. Betrachtet man in derselben Weise einen anderen einfallenden Strahl i , der den Spiegel unterhalb der Achse des Instruments trifft, so wird dieser in der Richtung i' reflektiert. Schließlich reflektiert der Spiegel 23 den Strahl in der Richtung der Achse des Instrumentes, und in diesem Falle hätte eine Verstellung des Spiegels 2 in die Stellung 2' eine Verschiebung der Bilder der auf dem betreffenden Halbmesser befindlichen Punkte nach der rechten Seite des Teleskops zur Folge, da der einfallende Strahl i nach den Richtungen i_1' und i_1'' reflektiert wird. Kurzum, die beiden Hälften des Bildes eines im Instrumente visierten Gegenstandes stimmen nur dann überein, wenn das Bild des betreffenden Gegenstandes sich genau auf der versilberten Oberfläche der beiden kleinen Spiegel 23, 24 befindet. Es ist sehr leicht, die letztgenannte Bedingung zu erfüllen, indem man auf den Trieb 4 einwirkt, damit der Spiegel 2 in der gewünschten Weise verstellt wird, wobei man

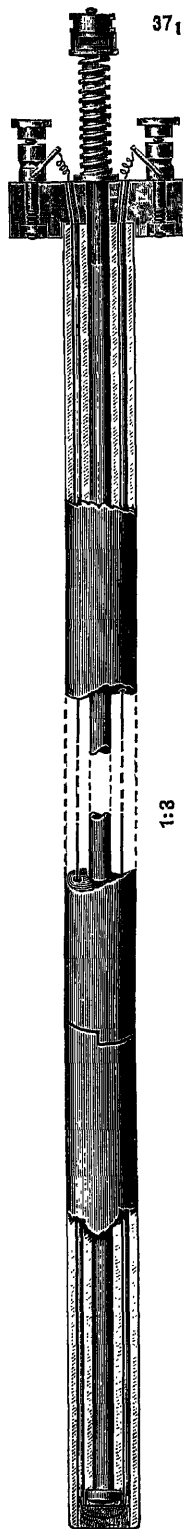


Fig. 182.

berücksichtigen muß, daß bei einem unrichtigen Einstellen sich in dem Instrument ein Bild ergibt, das entweder dem in Fig. 178 oder dem in Fig. 179 veranschaulichten entspricht, während bei richtiger Einstellung das Bild die sich aus Fig. 174 ergebende Gestalt besitzt, d. h. es stimmen die beiden Hälften o' und o'' des Bildes des visierten Gegenstandes genau überein, der beispielsweise in dem Fall der Zeichnung zur Hälfte halbkreisförmig und zur Hälfte viereckig ist. Diese Art der genauen und schnellen Einstellung kann ebenfalls bei Linsen vielfache Anwendung finden. Handelt es sich beispielsweise um ein Fernrohr, wie in dem Fall des Hauptpatentes 135 064, so werden die beiden Spiegel 23, 24 durch zwei Prismen 23' und 24' ersetzt. Die beiden besprochenen Strahlen r_1 und r_1' stimmen dann nur überein, wenn der Brennpunkt f der Linse O sich genau auf der Austrittsfläche der Prismen 23' und 24' befindet. Das Bild des visierten Gegenstandes muß größer sein als die im Mittelpunkt des visierten Feldes sichtbare Öffnung 25'. Zu diesem Zwecke genügt es, das Teleskop I in passende Entfernung von dem visierten Gegenstand zu bringen.

Diesem pyrometrischen Teleskope Férays ähnelt das *Pyrheliometer*, dessen sich Millochau¹⁾ zur Messung der Sonnentemperatur bedient hat. Die Strahlen werden konzentriert und treffen auf eine mikroskopische Lötstelle, die durch das Schneiden zweier kreuzweise gespannter sehr feiner Fäden gebildet wird.

Die Schutzhülle von Hartmann & Braun²⁾ für Thermoelemente zu Meßzwecken besteht (Fig. 182) aus Zylindern aus feuerfestem Material, die der Länge nach ein weiterer und zwei engere Kanäle durchsetzen. Letztere nehmen die beiden Drähte des Thermoelements auf, deren Schweiß-

¹⁾ M. Aliamet, L'Electricien 1907, [2] 33, 261.

²⁾ D. P. 106 234 vom 1. 2. 1899; E. P. 5868 vom 17. 3. 1899, Abb.

stellen in einer Einsenkung in feuerfesten Kitt eingebettet sind. Im dritten breiten Kanal befindet sich ein möglichst fester und hohen Temperaturen gut widerstehender Stab mit unterem Ansatz (der erforderlichenfalls in einer Einsenkung mit Feuerkitt bedeckt wird) und oberem Schraubengewinde. Letzteres durchsetzt eine Platte und trägt eine Mutter, die entweder direkt, oder besser, um der Wärmeausdehnung Rechnung zu tragen, durch eine zwischengeschaltete Feder auf die Platte drückt. Das Schutzstück kann also, selbst wenn Sprünge oder Querrisse entstehen, nicht auseinander fallen. Der Stab, der auch Rohrform erhalten kann, besteht aus feuerfestem Stein oder einem oder mehreren Metallen (wie Eisen, Nickel, Platin). Das Schutzstück kann außen glasiert und der leichteren Herstellbarkeit wegen auch unterteilt sein. In diesem Falle erhalten die Einzelstücke mit Absatz versehene Endflächen, sodaß sie sich nach dem Aneinandersetzen nicht gegeneinander verdecken können. Die engeren Bohrungen können dann auch an beiden Enden eines



Fig. 183.

jeden Teilstückes erweitert werden, sodaß hier noch ein kurzes, dünnwandiges Porzellan- o. ä. Röhrchen Platz findet, das den Draht eng umgibt. In ganz ähnlicher Weise kann auch der dicke Stab an jeder Fuge im Schutzstück durch ein ihn eng umschließendes kurzes Röhrchen gegen den Einfluß der Ofengase geschützt werden.

Bei einer anderen Konstruktion¹⁾ sind die beiden Drähte des Thermoelements durch dünne feuerfeste Röhrchen isoliert und liegen unmittelbar nebeneinander in dem sie eng umschließenden Hohlraum der Schutzhülle aus flachem Metallrohr von eckigem oder mehr oder weniger ovalem Querschnitt (Fig. 183). Durch diese Anordnung sind einmal die Außenmaße des Apparates auf den kleinstmöglichen Betrag gebracht, und andererseits ist jeder überflüssige und schädliche Hohlraum im Innern des Rohres ganz vermieden, sodaß das Thermoelement den Schwankungen der umgebenden Temperatur sehr rasch folgt.

Damit das Schutzrohr beim Transporte zusammengelegt werden kann, macht es die Siemens & Halske A.-G.²⁾ aus einzelnen

¹⁾ D. Gebr.-M. 154084 vom 13. 4. 1901.

²⁾ D. Gebr.-M. 234856 vom 29. 9. 1904, Abb.

Teilen. G. A. Schultze¹⁾ sieht ein mittleres Rohr vor, das nach einem Zugmesser führt und gleichzeitig die Isoliermasse von innen stützt.

Da die Spannung proportional dem Temperaturunterschiede zwischen den heißen und den kalten Enden des Thermoelementes ist, müssen letztere [wenn es nicht zugänglich ist, in der Nähe der gemessenen Temperatur noch zwei genau bekannte (darunter und darüber) zu ermitteln, wie Georges Rosset²⁾ vorschlägt,] auf konstanter Temperatur gehalten oder mit einer äquivalenten Kompensation versehen werden. William Henry Bristol³⁾ bringt in den Stiel eines Thermometers einen schleifenförmigen Draht, Stab oder Faden, dessen beide Glieder durch eine isolierende Wand von einander getrennt sind. Das eine Ende der Schleife ist mit dem kalten Ende des Elementes, das andere mit dem anzeigenden oder registrierenden Instrumente verbunden. Soll ein großer Widerstand bei verhältnismäßig kleiner Änderung in der Höhe der Quecksilbersäule aus- oder eingeschaltet werden, so benutzt man eine Thermometerkugel von beträchtlicher Länge und Weite und entsprechendem Stiel, in den eine auf einen isolierenden Kern aufgewickelte Spirale kommt. Ihre Enden sind, wie vorher, mit dem kalten Ende und dem Meßinstrument verbunden. Je nach dem Steigen oder Fallen des Quecksilbers wird ein größerer oder kleinerer Teil der Spiralswindungen kurz geschlossen. Die dadurch verursachte Änderung des Widerstandes der Vorrichtung hebt die durch die Temperaturänderung an den kalten Enden bewirkte Änderung der Spannung des Elementes auf.

Um die Temperatur der einen Lötstelle oder die der beiden Übergänge zur Kupferleitung (die „Fundamentaltemperatur“) konstant zu halten, zieht Friedrich Wolfgang Adler⁴⁾, wenn ein Metall mit Cu kombiniert ist, das Thermoelement durch eine U-Röhre, so daß die eine Lötstelle ungefähr in die Mitte des Thermometergefäßes zu liegen kommt. Hat man eine Kombination zweier beliebiger Metalle, so muß die eine Verbindungsstelle mit dem Kupferdraht durch einen Schenkel, die andere durch den zweiten Schenkel bis zur Mitte des Thermometergefäßes geschoben werden. Ein Aneinanderstoßen wird durch eine kleine Glasperle verhindert. In die Kapillarröhre des Thermometers sind zwei Platinsonden ein-

¹⁾ D. Gebr.-M. 226967 vom 13. 6. 1904, Abb.

²⁾ Centralbl. Accum. 1905, 6, 38.

³⁾ E. P. 2934 vom 13. 2. 1905, Abb.; F. P. 351599 vom 18. 2. 1905.

⁴⁾ Drude's Ann. 1904, 15, 1026; Elektrot. Ztschr. 1905, 26, 280.

geschmolzen, von denen die eine mit dem Quecksilber ständig in Kontakt bleibt, während dieser mit der zweiten erst eintritt, wenn die Fundamentaltemperatur zunimmt. Dann sinkt die von einem Galvanometer angezeigte Stromstärke. Soll der Apparat auch ein Sinken unter die Fundamentaltemperatur angeben, so nimmt man zwei Kapillarröhren und zwei paar Sonden. Der Apparat wird in eine Kupferhülse gesteckt und in schmelzendes Eis gestellt, falls dessen Temperatur als Fundamentaltemperatur benutzt wird.

Mißt man die Temperatur von Metallbädern, so kann die Vereinigungsstelle der Thermoelektroden spröde, zerfressen oder amalgamiert werden. Um dies zu vermeiden, läßt William Henry Bristol¹⁾ die Elektroden getrennt und stellt ihre Vereinigung durch das Bad her oder nimmt als eine Elektrode den Behälter oder den zu behandelnden Gegenstand ganz oder teilweise. Werden die Enden der Elektroden bei längerem Gebrauche spröde oder verbrennen sie, so schleift man sie ab.

Der im Bade zu erhitzende Gegenstand, der eine Elektrode bildet, kann²⁾ durch eine Zange oder eine Klemme gehalten werden, von denen ein Draht nach dem Meßinstrument geht. Macht man das Gefäß zur anderen Elektrode, so muß es einen Ansatz aus demselben Metall erhalten, der so lang ist, daß sein mit dem Meßinstrumente verbundenes Ende kalt bleibt.

II. Verschiedene Arten der Anwendung.

Zur Messung sehr schwacher Strahlungen und geringer Temperaturunterschiede³⁾, sowie zur Untersuchung von elektrischen Schwingungen sind⁴⁾ geeigneter als die Säule von Melloni⁵⁾ feindrahtige Thermolemente aus Eisen und Konstantan, die zuerst J. Klemenčič empfohlen und angewendet hat. Für denselben

¹⁾ Am. P. 764176 vom 4. 4. 1904, Abb.

²⁾ Am. P. 764178 vom 5. 5. 1904, Abb.; E. P. 14545 vom 28. 6. 1904, Abb.

³⁾ Sehr geringe Temperaturunterschiede mißt man besser durch die empfindlichere Widerstandsbestimmung.

⁴⁾ Ztschr. Instrumentenk. 1898, 18, 135; wo auch eine ausführliche Literaturzusammenstellung zu finden ist. Andere Arbeiten über das Eisen: Konstantan-Element, nämlich von V. Fuchs, A. Kleiner, E. van Aubel, L. Holborn und W. Wien sowie von L. Troost stellt E. van Aubel zusammen. In Gemeinschaft mit R. Paillot hat er eingehend die Verwendbarkeit der Kombinationen von Konstantan mit Eisen, Aluminium und Manganin für die oben erwähnten Zwecke untersucht. (Arch. Sciences phys. et nat. 1895, 23, 148; L'Ecl. él. 1898, 17, 421.)

⁵⁾ Siehe Seite 43.

Zweck hat Paul Czermak¹⁾ eine lineare Säule mit 15 Lötstellen im Jahre 1896 angefertigt. Eine noch empfindlichere hat Heinrich Rubens²⁾ konstruiert. Das Element Konstantan:Eisen ist nach Kleiner³⁾ deshalb so sehr geeignet für Temperaturmessungen, weil die Kurve, die die Abhängigkeit der Thermo-EMK von dem Temperaturunterschiede der Lötstellen darstellt, fast geradlinig verläuft⁴⁾. Von praktischer Bedeutung sind auch die vorzüglichen mechanischen Eigenschaften des Konstantans und seine Stellung neben Wismuth in der Spannungsreihe. Weniger eignen sich Thermotan und Manganin.

Für bestimmte Zwecke kann das Thermoelement vorn nadelartig zugespitzt werden, sodaß man es in den zu messenden Körper einstecken kann.

Erdtemperaturen maß Br. Thierbach⁵⁾ mit Thermoelementen. Die EMK und damit der Temperaturunterschied der Lötstellen wurde durch die Dubois'sche Kompensationsmethode ermittelt. Diederichs⁶⁾ beschreibt ein Thermoelement zur Messung von Körpertemperaturen.

Nach den Untersuchungen Lebedew's wächst die Empfindlichkeit eines Thermoelements bedeutend, wenn man es in eine Röhre bringt, in der etwa 0,01 mm Druck herrscht. Auf diese Weise kann man die Empfindlichkeit um das 25fache vergrößern. Schaefer⁷⁾ beschreibt einen auf diesem Prinzip beruhenden Apparat. In eine Röhre springen zwei Spitzen ein. An einer ist ein Eisendraht, an der anderen ein Konstantandraht befestigt. Die beiden Drähte kreuzen sich auf gewöhnliche Weise und werden durch Spiraldrähte, die als Federn wirken, gespannt gehalten.

Auch H. Brandes⁸⁾ hat gefunden, daß ein mit seiner Lötstelle in die Mitte einer Glaskugel eingeschlossenes Konstantan:

¹⁾ Er hat auch (Wied. Ann. 1895, 56, 353) Kupfer:Konstantan-Elemente zur Bestimmung rascher Temperaturschwankungen und zu aktinometrischen Messungen benutzt.

²⁾ Siehe Seite 40.

³⁾ Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Schaffhausen 1894, 59; Wied. Beibl. 1895, 19, 440.

⁴⁾ Ebenfalls geradlinigen Verlauf beobachtete Arthur Palmé (Ztschr. Elektrot.; Centralbl. Accum. 1905, 6, 187) bei Pt-C, Neusilber-Al, Ni-Cu, Ni-Al, Ni-C.

⁵⁾ Inaug.-Diss. Königsberg 1892; Wied. Beibl. 1893, 17, 829.

⁶⁾ D. P. 72858; Kl. 30.

⁷⁾ Ztschr. Instrumentenk. Mai 1905; L'Ecl. él. 1905, 44, 116.

⁸⁾ Phys. Ztschr. 1905, 6, 503.

Eisen-Element beim Evakuieren die achtzehnfache Empfindlichkeit annahm. Da man keine äußere Stromquelle braucht, ist die Anordnung für gewisse Zwecke dem Bolometer vorzuziehen.

Ein in eine Art elektrischer Glühbirne (die zum leichten Einschalten in den Stromkreis Edison-Gewinde oder Swan-Fassung oder Stöpsel hat) eingebautes Thermoelement benutzt G. Séibt¹⁾ zum Messen der Intensität elektrischer Schwingungen. Nach H. Brandes²⁾ werden in ein ballonartiges, oben zylindrisches Glasgefäß vier etwa 1 cm weite Glasröhrchen eingeschmolzen, deren untere Enden eingeschmolzene Platindrähte tragen. Letztere halten das eigentliche Thermoelement, zwei gekreuzte Drähte aus Konstantan und Eisen von 20 μ Durchmesser. Die Drähte werden zuerst verknotet, dann durch Karton und Siegellack in die richtige Lage gebracht und schließlich an der Knotenstelle vorsichtig verlötet. Mit den Enden der erwähnten vier Platindrähte werden die freien Enden dieses Thermoelements verlötet, worauf der Glasballon vollständig verblasen wird. Das Gefäß wird an der Luftpumpe bis zum Kathodenstrahl-Vacuum ausgepumpt und außerdem noch, um Gase und Wasserdampf von den Wänden zu entfernen, in einem elektrischen Ofen mehrere Stunden auf etwa 180° erhitzt. Als Stromzuführung dient Quecksilber, das in die vier Glasröhrchen eingefüllt wird. Die Empfindlichkeit beträgt das 18fache von dem eines nichtentlüfteten Elements. Daher läßt sich bei den Messungen sehr gut ein empfindliches Zeigergalvanometer verwenden.

Durch mathematische Ableitungen gelangt Ponsot³⁾ zur Aufstellung von Gesichtspunkten für die Messung absoluter Temperaturen durch Thermoelemente.

Zur Erzeugung von Strömen für Messer elektrischer Motore schlagen Chamberlain & Hookham und S. H. Holden⁴⁾ Thermosäulen aus dicken Wismuth- und Antimonstäben vor. Ihre Lötstellen werden erhitzt durch herumliegende Drahtspiralen, die von den zu messenden oder konstanten Nebenschlußströmen durchflossen werden. Bei einer Form, die starke Ströme für die Messerarmatur liefern soll, strahlen von einem Wismuth-Block drei solcher Elemente aus, deren Antimonenden durch biegsame Metallstreifen

¹⁾ D. Gebr.-M. 286540 vom 3. 7. 1906, Abb.; Centralbl. Accum. 1906, 7, 292.

²⁾ Phys. Ztschr. 1906, 7, 503; Elektrot. Anz. 1906, 27, 981, Abb.

³⁾ Compt. rend. 1902, 135, 686.

⁴⁾ E. P. 18468 vom 13. 9. 1899, Abb.

verbunden sind. Bei anderen Formen werden die Thermoströme zur Korrektur bei gewissen Geschwindigkeiten der Messer benutzt.

Die wechselnden Beanspruchungen von Stahlstäben hat Turner¹⁾ dadurch bestimmen können, daß er an verschiedenen Stellen Thermoelemente einführte.

Zur Messung kleiner Wechselströme hat I. K. A. Wertheim-Salomonsen²⁾ eine thermoelektrische Methode angegeben, die eine Verbesserung der von Klemenčič ist. Bei dieser erhitzt der zu messende Strom eine Reihe von Thermo-Verbindungen, die mit einem Galvanometer verbunden sind. Eine Gruppe von Eisen-Konstantan-Drähten wird in Form der Wheatstone'schen Brücke

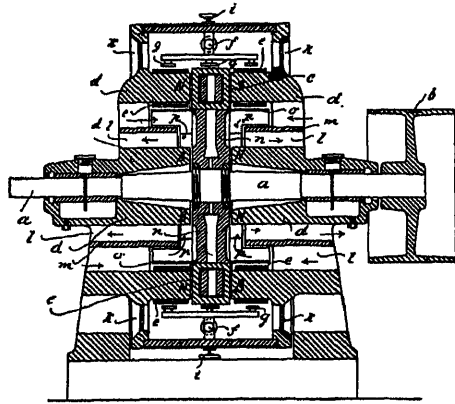


Fig. 184.

verbunden, und die Widerstände der beiden Zweige, die eine gleiche Anzahl von Verbindungen enthalten, werden genau ausgeglichen. Abwechselnde Verbindungen werden gemacht von Platten mit großer Kühlfläche und von feinen Drähten, um einen möglichst großen Temperaturunterschied zu erhalten. Die Ablenkung des Galvanometers wurde proportional dem Quadrate der Stromstärke gefunden. Es konnten Ströme von 2×10^{-5} A. gemessen werden.

Für hygienische und Heil-Zwecke will H. Sanche³⁾ Thermoströme benutzen. Geeignete Anordnungen werden beschrieben. Elektronegativer Stoff soll geschmolzener Schwefel sein können.

¹⁾ Iron Age; L'Ecl. é. 1898, 15, 416.

²⁾ The Electrician 1906, 57, 526.

³⁾ E. P. 16774 vom 15. 7. 1897, Abb.

Ärztliche Thermosäulen sollen nach A. Collingridge¹⁾ durch die Wärme der Hand erregt werden.

Eine durch einen Ringbrenner geheizte zylindrische Säule zum Betriebe des Motors für einen Ventilator beschreibt E. F. Porter²⁾.

Den in ein und demselben Metall beim Erhitzen entstehenden Thermostrom will E. G. Acheson³⁾ zur Verstärkung eines anderen elektrischen Stroms benutzen, indem er z. B. den Kreis eines Induktionsstroms zwischen zwei Eisendrahtspulen erhitzt. Oder⁴⁾ der Wechselstrom eines Transformators wird in Induktionsnähe zu einem Stromkreise, der ein Thermoelement oder mehrere enthält, gebracht.

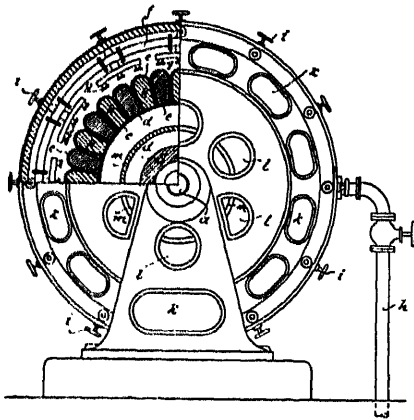


Fig. 185.

Carl Meyer⁵⁾ benutzt Thermoelemente zur Herstellung eines Thermoelktromotors (Fig. 184 u. 185). Auf der in Rotation zu versetzenden Achse *a* mit Riemscheibe *b* ist ein großes ringförmiges, in sich geschlossenes Thermoelement *c* aufgesetzt. Zu beiden Seiten sind die Feldmagnete *d* angeordnet, deren Pole sich bei *N* und *S* befinden. Zur Erregung der Feldmagnete sind die Pole mit geschlossenen Thermoelementen *e* umgeben, in denen allen der Strom nach derselben Richtung geht. Zur Erhitzung der einen Lötstelle der Thermoelemente führt ein Rohr *h* Gas nach einem Rohre *f*,

¹⁾ E. P. 4456 vom 23. 3. 1888.

²⁾ E. P. 6220 vom 14. 3. 1898, Abb.

³⁾ E. P. 17837 vom 28. 12. 1887, Abb.

⁴⁾ D. P. 54508; E. P. 12145 vom 31. 7. 1889, Abb.

⁵⁾ D. P. 109570 vom 7. 2. 1899.

von dem eine Reihe von Gasdüsen g ausläuft, die möglichst gleichförmig über das Ringthermoelement und die Erreger Elemente verteilt sind. Es kann sowohl die Zahl der brennenden Flammen als auch die Größe der Flammen durch von außen zu bewegend Handräder i für die Gashähne geändert werden. In dem den Motor umgebenden Gehäuse sind Schaulöcher k angeordnet. In den Feldmagneten ist eine Reihe von Aussparungen l für den Durchgang der Kühlluft angeordnet. Durch einen Ventilationskranz m sind diese Durchgänge in zwei Teile geteilt, die nächst dem Träger n des rotierenden Thermoelements miteinander in Verbindung stehen. An dem Träger n ist ein Ring o und an diesem

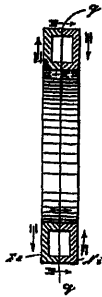


Fig. 186.

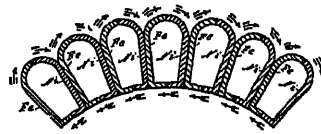


Fig. 187.

und dem Träger eine Reihe von entsprechend gekrümmten Ventilationsschaufeln p befestigt, die bei der Rotation des Thermoelements e die Luft in der Richtung der Pfeile (Fig. 184) durchziehen und dadurch die inneren Lötstellen der Thermolemente e und e kühlen. Das ringförmige in sich geschlossene Thermolement e besteht nach Fig. 186 aus einem Ringe, dessen eine Hälfte z. B. aus Eisen, die andere aus Nickel besteht, die in der Mitte bei q nach Einbringen des tragenden Eisenkerns, als Leiter der Kraftlinien, verbunden sind. Die die Feldmagnete erregenden Thermolemente zeigt nach Bauart und Anordnung Fig. 187. Auch hier sind wie vorher die Thermolemente durchaus nicht miteinander verbunden oder geschaltet.

Die Wirkungsweise dieses Thermoelktromotors ist folgende: Durch die Erhitzung der Thermolemente e und e , die an der entgegengesetzten Lötstelle gekühlt sind, entsteht in ihnen ein elektrischer Strom. Der in den Elementen e erzeugte Strom erregt die

Feldmagnete, die auf den in dem Thermoelement e erzeugten Strom einwirken und eine Drehung dieses Elements veranlassen, die auf die Achse a übertragen wird. Durch den Gang des Motors tritt gleichzeitig auch der Ventilator p in Wirksamkeit, der die Kühlung der Thermoelemente an der einen Lötstelle fördert, sodaß die Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen eine möglichst hohe ist. Je schneller der Motor läuft, desto kräftiger ist die Kühlung. Der Grad der Erwärmung kann durch die Regelung der Brenner innerhalb bestimmter Grenzen festgelegt werden. Da in dem Thermoelement e unzweifelhaft bei Erhitzung der einen Lötstelle und Kühlung der anderen ein Strom entstehen muß, und dieses zwischen den Polen der Feldmagnete beweglich gelagert ist, so muß naturgemäß eine Drehung des Stromkreises bzw. des Thermoelements e stattfinden. Verschiedene Abänderungen können getroffen werden.

Auf Benzinautomobilen will die Thermo-Electric Company¹⁾ die Thermosäule benutzen. Sie wird 1—3 Min. nach Anlauf des Motors durch den Auspuff wirksam, ladet die Zündbatterie wieder auf und kann selbst die Zündung übernehmen. Um die Expansionskammer bis etwas vor dem inneren Dome liegt Isolationsstoff, auf dem die Elemente in Reihen längs der Haube angeordnet sind. Jedes Element besteht aus einem dicken und dünnen Stück mit ringsegmentartigem Querschnitt. Die 36 Elemente einer Reihe und die verschiedenen Reihen sind hintereinander geschaltet. Zwischen je zwei Elementen und je zwei Reihen liegt Isolationsstoff. Die elektrischen Verbindungen zwischen den Elektroden jedes Elementes, zwischen diesen und zwischen den Reihen werden durch Zusammenlöten der dicken und dünnen Stücke an ihren Enden hergestellt. Die Endelemente sind mit Klemmen am vorderen Ende des Kessels verbunden. Mechanisch wird die Thermosäule seitlich zusammengehalten durch eine Mutter, die in das Ende der Expansionskammer geschraubt ist und die Elektroden und das Isolationsmaterial zusammenpreßt. Vorn stützt ein Vorsprung auf der Wandung der Expansionskammer, während ein Band aus Metallblech, das von den Elektroden der Säule isoliert ist, das Ganze radial zusammenhält. An das Band sind radiale Metallflossen genietet, die sich von einem Ende der Thermosäule bis zum anderen erstrecken und die Kühlung ihrer Außenseite unterstützen.

Auch Henry Diecks²⁾ verwendet eine Thermosäule zum Zünden von Explosionsmotoren. Die inneren zu erwärmenden

¹⁾ The Horseless Age 1905, 15, 255, Abb.

²⁾ Am. P. 842 391 vom 11. 1. 1906, Abb.

Enden der Thermoelemente, die aus Antimon und Wismuth bestehen und radial angeordnet sind, haben halbkreisförmigen Querschnitt und werden durch Öffnungen im Auspuffrohr eingeführt, von dem sie durch Mäntel und Scheiben isoliert werden. Ebenfalls aus Isolierstoff (z. B. Vulkanfiber) bestehen die Muttern, die durch Aufschrauben auf die inneren Elementenden diese zusammenhalten und am Auspuffrohre befestigen.

E. Anhang.

I. Thermoelemente mit Elektrolyten und Thermoakkumulatoren.

Taucht man in geschmolzenes Ätzkali zwei Elektroden von gleichem Metall, von denen die eine an einem dünnen Drahte, die andere an einem dicken Stabe befestigt ist, so erhält man eine EMK von 0,1 V., die nach C. J. Reed¹⁾ nur den durch die bessere Wärmeableitung des dicken Stabes bedingten thermoelektrischen, aber durchaus keinen chemischen Ursprung hat.

Solche Thermoelemente sind bisher praktisch ebenso wenig nutzbar gemacht worden, wie die aus Metallen und Salzlösungen. Diese geben nur sehr geringe EMK (z. B. Zn, Zn Cl₂, Zn 0,0102 bis 0,0128; Zn, Zn SO₄, Zn im Mittel 0,0150). Versuche stellten damit u. a. an: Walker²⁾, Faraday³⁾, Gore⁴⁾, E. Bouty⁵⁾, Ebeling⁶⁾, Brander⁷⁾, A. Hagenbach⁸⁾, G. Fr. Emery⁹⁾. Patente nahmen auf solche Thermoelemente z. B. W. E. Case¹⁰⁾, Acheson¹¹⁾, V. Riatti¹²⁾ und Melvin L. Severy¹³⁾. Henderson¹⁴⁾ nennt derartige Elemente, bei denen zwei verschieden warme Elektroden aus demselben Metall in dessen Salzlösung tauchen, *Thermoelemente erster Ordnung*.

¹⁾ Trans. Am. Inst. El. Eng. 1898, **15**, 223 u. 242; El. Rev. N. Y. 1898, **32**, 332 u. 351; vgl. a. J. Frankl Inst. 1898, **146**, 424.

²⁾ Pogg. Ann. 1825, **4**, 327.

³⁾ Exp. Res. Ser. 1840, **17**, 1932.

⁴⁾ Proc. Roy. Soc. 1884, **37**, 251.

⁵⁾ J. de phys. **9**, 229; Compt. rend. 1880, **90**, 917.

⁶⁾ Wied. Ann. 1887, **30**, 530.

⁷⁾ Wied. Ann. 1889, **37**, 457.

⁸⁾ Wied. Ann. 1894, **53**, 447.

⁹⁾ Proc. Roy. Soc. 1894, **55**, 356.

¹⁰⁾ E. P. 4937 vom 8. 4. 1886.

¹¹⁾ Am. P. 375242 u. 375243.

¹²⁾ Am. P. 470620; E. P. 8323 vom 14. 5. 1891, Abb.

¹³⁾ Am. P. 620855 vom 7. 3. 1899, Abb.

¹⁴⁾ Phys. Rev. Aug. 1906; El. World 1906, **48**, 574.

Die Temperaturunterschiede kann man auch an den Berührungsschichten verschiedener Flüssigkeiten erzeugen. Solche elektrolytische Thermoketten sind u. a. untersucht worden von Wild¹⁾, Ed. Becquerel²⁾, Donle³⁾, Naccari und Battelli⁴⁾, Bagard⁵⁾. Formeln für die EMK solcher Ketten haben Nernst⁶⁾ und Planck⁷⁾ entwickelt. Sie haben nach W. Duane⁸⁾ nur begrenzte Bedeutung. Man kann auch nach dem Vorschlage von Melvin L. Severy⁹⁾ in zwei verschiedene Flüssigkeiten (z. B. Alkali oder Natriumphosphat und Säure, besonders Salpetersäure) zwei Elektroden aus demselben Metall (z. B. Aluminium) einbringen und die eine erhitzen oder die andere kühlen oder beide Einrichtungen gleichzeitig treffen.

Taucht man ein Platin- und ein Magnesiumplättchen in die Enden einer U-förmigen Quecksilbersäule, so entsteht nach B. J. Goossens¹⁰⁾ ein Strom durch die Temperaturerhöhung bei Bildung von Magnesiumamalgam.

Die Aktiengesellschaft für elektrisches Licht und Telegraphenbau „Helios“ hat sich die unfruchtbare Idee patentieren lassen¹¹⁾, elektrische Energie als Wärme in einem „thermo-elektrischen Sammler“ aufzuspeichern. Eine Thermosäule, die gegen Wärmeabgabe gut geschützt ist, wird durch einen elektrischen Strom erhitzt. Bei Bedarf an elektrischer Energie entfernt man die Wärmeschutzmasse von einzelnen Verbindungsstellen und kühlt diese ab.

1) Pogg. Ann. 1858, **3**, 353; Ann. Chim. Phys. 1858 [2] **53**, 370.

2) Ann. Chim. Phys. 1866, [4] **8**, 389.

3) Wied. Ann. 1886, **28**, 574.

4) Atti R. Acc. della science di Torino 1884/85, **20** u. 1885/86, **25**.

5) Ann. Chim. Phys. 1894 [7] **3**, 83.

6) Ztschr. phys. Chem. 1889, **4**, 129.

7) Wied. Ann. 1890, **40**, 561.

8) Wied. Ann. 1898, **65**, 374; Ztschr. Elektroch. 1898, **5**, 80.

9) Am. P. 620855 vom 7. 3. 1899, Abb.

10) Wied. Ann. 1882, **16**, 551.

11) D. P. 51650 vom 28. 7. 1889.

II. Nachträge.

Zwischen dem Abschluß der Bearbeitung des vorliegenden Materials und zwischen der Beendigung der Drucklegung sind noch verschiedene Veröffentlichungen erschienen, die, zusammen mit einigen kleineren Ergänzungen früheren Datums, im folgenden zusammengestellt sind.

Es ist nachzutragen:

Zu Seite 3: Eine auf der Boltzmann'schen Theorie der Thermoelektrizität aufgebaute entwickelt mathematisch S. Sano¹⁾.

Die Potentialdifferenz läßt sich aus der Elektronenkonzentration berechnen. R. Schenck²⁾ fand für sie auf 1° Temperaturunterschied die folgenden, mit 10⁻⁶ zu multiplizierenden Zahlen:

	her.	gef.
Bi-Sb	150	68—91
Fe-Co	15	39.

Zu Seite 4: Das thermoelektrische Verhalten verschieden gehärteten Stahls untersuchten Strouhal und Barus³⁾.

Weiche Stähle geben nach M. G. Belloc⁴⁾, wenn man sie mit Platindrähten zu Thermoelementen vereinigt und in der Luftleere mißt, den Umwandlungspunkten entsprechende Kurven für $\frac{dE}{dt}$, die zwei tiefste Punkte und einen vom Kohlenstoffgehalt abhängigen höchsten Punkt zeigen. Gehärtete und bei verschiedenen Temperaturen abgeschreckte Stähle geben mit völlig angelassenem Stahl eine Thermo-EMK. Mit dem Maße des Entweichens der eingeschlossenen Gase, das bei vollendeter Dekarburierung aufhört, nimmt der elektrische Widerstand der Stähle ab.

Zu Seite 17: Antimonlegierungen sind nach A. Heil⁵⁾ für Thermoelemente nicht recht vorteilhaft, da sie zu großen Widerstand besitzen. So beträgt das Leitvermögen einer Legierung aus 100 Sb und 56 Zn nur 0,16, wenn man das des Quecksilbers zu 1 und das des Kupfers zu 61 annimmt. Außerdem treten beim Verlöten bald Übergangswiderstände auf, da der Schmelzpunkt der

¹⁾ Proc. Physico-Math. Soc. Tokyo 1907, 1, 2.

²⁾ Metallurgie 1907, 4, 168.

³⁾ Wied. Ann. 1880, 11, 930.

⁴⁾ Ann. Phys. Chim. [7] 80, 42; Rev. Mét. 1904, 1, Extraits 106.

⁵⁾ Elektrot. Ztschr. 1906, 27, 936.

Antimonlegierung unter dem des Hartlots und auch unter dem des Flußmittels (Borax) liegt.

Zu Seite 40: Das erstere gilt auch für das Konstantan, das ein gutes Widerstandsmaterial ist.

Zu Seite 43: Der Erfinder des Silicium-Thermoelements der General Electric Company of Schenectady ist Harry E. Heath, auf den das Am. P. 824015 vom 7. 8. 1905 geht.

Zu Seite 68: Die Verbindungsstelle der wirksamen Bestandteile wird durch die Ausdehnungsänderungen beim wiederholten Anwärmen und Abkühlen leicht gelockert. Man hat deshalb mehrfach vorgeschlagen, die Verbindungsstellen durch über die Elemente gezogene Mäntel, Kappen oder Drahtwicklungen zu schützen. Indessen

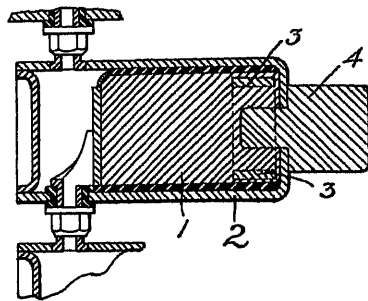


Fig. 188.

können diese eine Lockerung der Verbindung nicht hindern, weil sie nach der bisherigen Anordnung der direkten Heizung und somit auch der Ausdehnung ausgesetzt sind. William Edwin Haskell¹⁾ ordnet deshalb einen die Elektroden an der Verbindungsstelle umfassenden Ring oder Mantel außerhalb des Bereiches der direkten Heizwirkung an, sodaß er keine beträchtlichen Ausdehnungsveränderungen erleidet. Das Thermoelement nach Fig. 188 besteht aus einem Elektrodenpaar 1, 2 (z. B. Zink-Antimon und Nickel-Kupfer). Die Elektrode 2 ist becherförmig und von einem Fortsatz 4 durchdrungen, der den Wärmeüberträger bildet und in der Elektrode 1 seinen Sitz hat. Die Kontaktflächen zwischen beiden Elektroden und dem inneren Teil des Fortsatzes 4 bilden die Lötstellen des Elektrodenpaares. Fig. 189 zeigt eine Ausführungsform, bei der die Elektroden 1 und 2 ringförmig sind. Die Elektrode 2

¹⁾ D. P. 172686 vom 28. 10. 1904.

liegt der inneren Wandung der Elektrode 1 an, und in der Mitte ist ein Hohlraum zur Erwärmung der Lötstelle gebildet. Die Elektrodenringe haben gegen den äußeren Umfang zu Kühlkanäle 5. Fig. 190 zeigt eine Ausführungsform, bei der die als Wärmeüberträger dienende Heizrippe 4 in einem Einschnitt mit der Elektrode 2 verbunden ist. Das entgegengesetzte Ende der Elektroden steht in

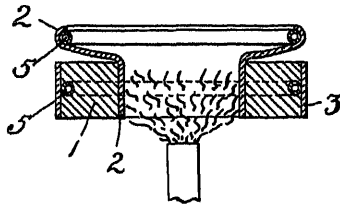


Fig. 189.

leitender Verbindung mit dem Rohr 6, durch das die Kühlflüssigkeit geleitet wird. Bei allen Ausführungsformen ist ein starrer Ring 3

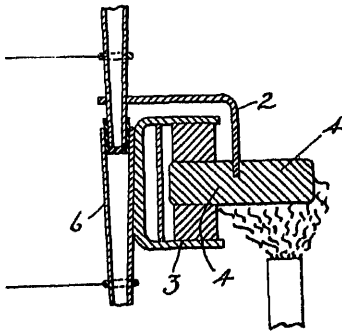


Fig. 190.

aus einem Metall mit geringem Ausdehnungskoeffizienten, vorzugsweise aus Stahl oder entsprechend festem Material, vorgesehen.

Zu Seite 75: Auch George H. Cove¹⁾ packt die Elektroden, die paarweise in parallelen Reihen angeordnet sind, in einen Block *a* (Fig. 191) aus feuerbeständigem, isolierendem Material ein. Durch die abgebildete Anordnung wird die Hitze nicht nur auf die Enden der zu heizenden Elektroden übertragen, sondern werden auch diese Enden von einander isoliert. Hierdurch ist die Hintereinander-

¹⁾ Am. P. 824684 vom 15. 2. 1905; übertragen auf Charles M. Bunker und Frank R. Kimball.

Schaltung der Elemente möglich, ohne Ortswirkung zwischen den benachbarten Elektrodenpaaren hervorzurufen. Der Block kommt in einen gewöhnlichen Kochherd *A* (Fig. 192) mit der oberen Platte *B*, dem Feuerrost *C*, in dessen Nähe Stützen *E* mit feuerfesten

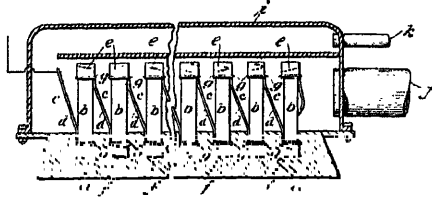


Fig. 191.

Ziegeln ausgelegt sind, und dem Schornstein *D*. Die negativen Elektroden *b* bestehen aus einer Antimon-Zink-Legierung (6 : 4 T.).

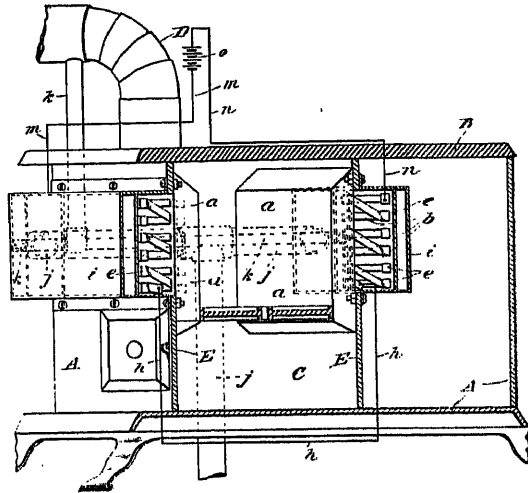


Fig. 192.

Um einen dauernden guten Kontakt der verschiedenen Elektroden ohne Verlöten zu erhalten, nimmt man eine zweite positive Elektrode *c*, die aus einem dünnen Metallstreifen besteht, und deren Enden an den entgegengesetzten Streifen eines Verbindungsstreifens *d* befestigt sind, indem man auf diese Art eine Kappe *ef* um die Elektrode *b* bildet und an den entgegengesetzten Seiten den Verbindungsstreifen *d* anordnet. Ein Draht *g* hält diese Kappe fest.

Die positive Elektrode *c* besteht zweckmäßig aus Kupfer, Zinn oder einer Legierung von Nickel, Kupfer und Zink (Neusilber). Wird die Säule in eine Anzahl verschiedener Teile geteilt, z. B. bei Verwendung von zwei oder mehreren feuerfesten Ziegeln, so werden diese Teile durch einen Leiter *h* elektrisch verbunden. Um eine niedrige Temperatur der äußeren Teile der Elektroden *b c* aufrecht zu erhalten, bringt man sie in einem besonders luftdichten Behälter *i* unter, der in zwei Durchgänge geteilt ist, von denen der eine diese Enden aufnimmt und in direkter Verbindung mit einer Luftkühlung steht, z. B. durch ein Einlaßrohr *j*, und der andere mit einem Auslaß *k* versehen ist, der mit dem Schornstein *D* verbunden ist. Der äußere Strom wird durch die Drähte *m n* von den kalten Enden der ungleichen Metalle der entgegengesetzten Pole der Batterie genommen. Ein Akkumulator *o* speichert die in dieser Batterie erzeugte Elektrizität auf. Eine Säule mit 6 Lötstellen soll einen Strom von 3 V. und 3 A. geben.

Zu Seite 98: Die Hitze, die Gasglühlampen ausstrahlen, nutzt Paul Lucas¹⁾ in Thermoelementen aus, die einen Motor zur Zuführung von Luft zum Leuchtgase treiben. Die Thermoelemente werden über dem Glühstrumpf in einem Schornstein so angebracht, daß die unteren Teile einen Reflektor bilden. In den Schornstein gehen radial die Heizstutzen der Elemente, während sich Kühllappen aus dem Schornstein heraus erstrecken. Auf den freien Enden der Stutzen liegen Asbestplatten, sodaß die Verbindungen der Stutzen mit den Elementen durch die heißen Abgase der Lampe, die in dem Ringraum zwischen den Asbestplatten und der Schornsteinwand aufsteigen, kräftig erhitzt werden.

Zu Seite 115: In dem durch Petroleum oder Koks geheizten *Dynaphor* wird nach A. Heil²⁾ als Isolationsmaterial Glimmer benutzt. Eine 0,08 mm starke und 19 qcm große Platte daraus hatte zwischen zwei Metallplatten bei 400° einen Widerstand von 50000 O. Wichtig für die Haltbarkeit der Elemente ist, daß die Betriebswärme nur 300—380° beträgt. Am Antimonzinkkörper wurde die Beobachtung gemacht, daß nach langem Gebrauche das Kaltende bei Berührung mit einem glühenden Konstantendrahte etwa 30 % mehr Potentialdifferenz zeigte als das Warmende, während vor dem Betriebe beide Enden natürlich denselben Wert aufwiesen. Der Körper hatte sich also gewissermaßen formiert. Der „Dynaphor“ soll bei

¹⁾ West. El. 1906, 39, 121, Abb.

²⁾ Elektrot. Ztschr. 1906, 27, 936.

dem gleichen Gewichte wie die Gülcher'sche Thermosäule deren fünffache Energie bei dem doppelten wirtschaftlichen Wirkungsgrad leisten. Heizt man den Dynaphor mit guter Steinkohle oder besser mit dem nicht zusammenbackenden Koks, so braucht man 2 kg für 1 HW-Std., die somit auf etwa 5 Pf. zu stehen kommt. Benutzt man einen solchen Ofen im Winter zur Zimmerheizung, so wäre die elektrische Energie fast betriebskostenfrei. Bei der Wolfram-Lampe, die 1 W. für eine Kerze verbraucht, würden 16 Kerzen auf 0,8 Pf. in der Stunde kommen, wenn man die Kohle ganz für die Elektrizitätserzeugung rechnet. Ein anderer Apparat leistet bei $\frac{1}{2}$ cbm Gasverbrauch stündlich 2,5 A. bei 10 V. (EMK 18—20 V.; W. 3,5 O.). Neuerdings werden Versuche gemacht, die Heizrohre solcher Apparate mit dem Auspuffrohre der Automobilmotore in Verbindung zu bringen, die elektrische Energie in einer kleinen Batterie anzusammeln und so für die Zündung der Motore und für den Betrieb einiger Glühlampen auszunutzen. Durch die „Formierung“ der Elemente wird ihre Leistung um etwa 40 % gesteigert. Die Dynaphore wird die elektrotechnische Fabrik von Alfred Schoeller in Frankfurt a. M. auf den Markt bringen.

1241

Sachregister*).

A.

Abdampf 98.
 Abhitze, Verwertung 15.
 26. 55. 57. 82. 92. 100.
 102. 103. 161.
 — der Säule, Ausnutzung
 108.
 Abschreckung 15. 157.
 Absorption von Dämpfen
 127.
 Acanthit 9.
 Achse, horizontale, als
 Träger 61.
 Ärztliche Thermosäulen
 150. 151.
 Ätzkali, geschmolzenes,
 155.
 Akkumulator 156.
 Aktinometrische Messung,
 148.
 Amandit 9.
 Alkohol zur Kühlung 94.
 Allocasit 9.
 Aluminium 5. 11. 16. 17.
 156.
 — im Antimonzink 90.
 — als Leiter 84.
 — im Lot 91.
 — :Konstantan 147.
 — :Neusilber 148.
 — :Nickel 148.
 — :Quecksilber 10.
 — -Antimon-Zink 19.
 — -Zink 16.

Amalgame 6. 60.
 — Bildungswärme 156.
 — EMK 7.
 — :Quecksilber 7.
 Ammoniak, flüssiges, zur
 Kühlung 107.
 Ampèremeter 129.
 Anforderungen an Säule
 14. 61.
 Ankerwicklung, Heißpol
 99.
 Anlassen 4. 7. 157.
 Ansaugen von Dampf 103.
 Anstrich, isolierender 117.
 Antimon 5. 6. 8. 9. 11. 13.
 67.
 — in Bleiglanzelektroden
 55.
 — zum Schutze der elektro-
 positiven Elektrode 66.
 — in Schwefelkupferelek-
 troden 53.
 — :Blei 103.
 — :Feldspat 59.
 — :Konstantan 41. 42.
 — :Kupfer 7. 65. 103.
 — :Quecksilber 10.
 — :Wismuth 1. 24. 43.
 81. 138. 149. 154. 157.
 — -Blei 6. 12.
 — -Eisen 12.
 — -Kadmium 6. 7. 11. 17.
 — — :Kupfer 7.
 — — -Silicium-Zink-
 Kupfer-Zinn 17.

Antimon - Kadmium - Wis-
 muth 11.
 — — :Wismuth - Anti-
 mon 43.
 — — -Zink 11. 12.
 — — — -Blei 12.
 — — — -Zinn 12.
 — -Kupfer 6. 8.
 — -Legierungen 11. 17.
 43. 44. 109. 113.
 — — Nachteile 157.
 — -Nickel 11.
 — -Tellur 12.
 — -Thallium 11.
 — -Wismuth 6. 7. 11. 12.
 — — :Kupfer 7.
 — -Zink 6. 7. 8. 11. 17.
 22. 25. 26. 35. 61. 67.
 75.
 — — Widerstand 157.
 — — :Bleiglanz 56.
 — — :Kobaltarsenid 58.
 — — :Konstantan 18. 161.
 — — :Kupfer 7. 160. 161.
 — — :Kupfer - Nickel 34.
 35. 36. 38. 72. 74. 117.
 158. 160. 161.
 — — :Kupfer-Nickel-Eisen
 66.
 — — :Nickel 26. 75. 86.
 93.
 — — :Schwefelblei 55.
 — — :Weißblech 86. 93.
 — — :Zinn 44. 160. 161.
 — — -Aluminium 19.

*) Zwischen den ein Thermoelement zusammensetzenden Bestandteilen steht ;,
 zwischen den Legierungen bildenden .

- Antimon-Zink-Aluminium:
Eisen 90.
— — -Arsenkobalt 18.
— — -Eisen 18.
— — -Kadmium 11. 12.
18.
— — — -Blei 12.
— — — -Zinn 12.
— — -Kobalt 18.
— — -Magnesium 19.
— — -Nickel 18.
— — -Wismuth 18.
— -Zinn 6. 44.
Antimonide 9.
Antimonit 9.
Antimonsulfide 7. 8.
Anziehung der Elektrizität
76. 78.
Argentit 9.
Arsen 5. 9.
Arsen-Eisen 8.
— -Wismuth 12.
Arsenide 2. 7. 9. 58.
Arsenik 8.
Arsenikies 7.
Arsenkobalt-Antimon-Zink
18.
Arsenpyrit 8.
Asbest 17. 30. 54.
— Anstrich der Elek-
troden 25.
— Faden zur Isolation
128. 132.
— Papier 15.
— — Hülle der Elektroden
25.
— Pappe zur Isolation
46.
— Paste 18.
— Wasserglas-Kitt 18.
19.
— Zement 117.
— Zwischenschicht 18.
Aufbau 81.
Ausdehnung, Ausgleich 25.
52. 61. 66. 85. 88. 119.
— s. a. Federn, Volumen-
änderung.
Ausdehnungskoeffizient 6.
- Auseinandernehmen, Er-
leichterung 68.
Auslaugen der Elektroden
54.
Auspuff zur Erregung der
Säule 153.
Auspuffrohr als Träger der
Elemente 102.
Auswechslung von Elek-
troden 75.
Automobile 153. 162.
- B.**
- Bau, vorteilhafter, 116.
Beanspruchung, gleich-
förmige 76.
— von Stahlstäben 150.
Becher als Wärmeschutz
18.
Becherform der Elektrode
118. 158.
Behälter für das Element
76.
Belichtung 71.
Berzelianit 9.
Bewegung der Heizquellen
oder Elemente 95. 96.
Blech als Träger 112.
Blei 5. 11.
— :Antimon 103.
— :Metalle u. Legierungen
10.
— :Nickel-Kupfer 34.
— :Quecksilber 10.
— -Antimon 6. 12.
— — -Kadmium-Zink 12.
— -Platin:Kupferamalgam
60.
— -Wismuth 6. 12.
— -Zinn 6. 12.
Bleiamalgam:Kohle 60.
Bleibäder, Temperatur-
messung 132.
Bleiglanz 7. 8. 9. 56. 57.
— verkupfert oder plati-
niert 56.
— s. a. Bleisulfid.
— :Eisen 54. 56.
— :Kupfer 13.
- Bleiglanz:Zink-Antimon
56.
— -Schwefelkupfer 54.
— — -Antimon 55.
Bleimineralien 8. 9.
Bleischweif-Kupfer 13.
Bleiselenid 8.
Bleistahl 4.
Bleisulfid 9.
— s. a. Schwefelblei.
— -Eisensulfid 58.
— -Kupfersulfid 57.
Block als Träger 73. 98.
159.
Blockelektrode 119.
Bolometer 149.
Bolzen zum Heizen 99.
Bor, Stellung 5.
Boride 58.
Bornit 9.
Boulangerit 9.
Brauneisenstein 8.
Braunit 8.
Braunstein 57.
Brause zum Kühlen 122.
Brennen der Elektroden
59.
Brennglas 98. 99.
Brennstoffverbrauch 14. 133.
54. 93. 114. 115. 162.
— s. a. Gas u. a.
Bronze:Eisen 65.
Brookit 9.
Bruchfestigkeit 17.
Brüchigkeit 18.
Bügel förmige Leiter 84.
Buntkupfererz:Kupfer 13.
- C.**
- Caloriator 57.
Carborund-Anstrich 132.
Cer 11.
— :Konstantan 42.
Cermetalle 19.
Chalcocit 9.
Chalcopyrit 9.
— :Antimon 13.
— :Pyrit 13.
— :Wismuth 13.

Chamotte als Elementträger 83. 98.
 — Futter 63.
 Chrom 5.
 — -Eisen, geschwefelt 48.
 — — :Nickel 133.
 — -Nickel 20.
 Chromeisenstein 8.
 Chrommetalle 19.
 Clausthalit 9.

D.

Dach als Träger der Elemente 98.
 Dachform der Säule 95.
 Dampf, elektrisierter 100.
 — zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur 60. 123.
 — zur Heizung 64.
 — zur Wärmeregelung 94.
 Dampfanlagen, Ausnutzung 102.
 Dampfkessel - Röhren zur Heizung 55. 100. 102.
 Danaït 9.
 Dauerhaftigkeit 17.
 Dekarburisierung 157.
 Deltametall 25.
 Diaphragma, isolierendes, 107.
 Dichte, Änderung 4.
 Dichtung 99.
 Dicke der Elektroden 18. 108. 133.
 — der Elemente 4. 125.
 Doppel Elektroden 27.
 Dorn zum Aufreihen der Elemente 109.
 Dosenform des Elements 71.
 Draht 10.
 — gedrellter 5.
 — gezogener 4.
 — Bündel als Elemente 103.
 — Elektrode 65. 70. 127ff.
 — Gazezylinder im Heizgehäuse 97.

Draht, Gehäuse für Wärmeausstrahlung 73.
 — Netz als Elektrode 25.
 — — zum Schutz der Elektroden 49.
 — — zur Verbindung 44. 56.
 — Spiralen zum Heizen 149.
 Drehbare Säule 61. 65.
 Drehung des Elements 153.
 Drillung 5.
 Druck 4.
 — zur Dichtung 40.
 — zur Herstellung der Elektroden 49. 53.
 Durchlässige Stoffe 53.
 Dynamomaschine, Erregung 102.
 Dynaphor 114. 161.

E.

Ebonitträger 36.
 Edelmetallmineralien 9.
 Eichung der Pyrometer 129.
 Eindringen eines Körpers in Metall 76. 79.
 Eingießen 118.
 Einhüllen der Säule 39.
 Eisen 4. 5. 6. 11. 15. 16. 18. 19. 22. 67.
 — s. a. Drahtnetz, Weißblech.
 — in Ätzkali 155.
 — als Ansatzleiter 133.
 — als Leiter 84.
 — auf Platin 70.
 — als Polplatte 61.
 — als Schutz der heißen Enden 22.
 — für Schutzrohr 128. 132.
 — verzinkt 17.
 — verzinkt 16. 18.
 — als Zwischenleiter bei Kohleelementen 181.
 — Gußeisen 65.

Eisen, Gußeisen als Zusatz zu Elektroden 22.
 — magnetisiertes zur Verbindung 57.
 — Schmied-, 26. 65.
 — : Antimon-Zink-Aluminium 90.
 — : Bleiglanz 54. 56.
 — : Bronze 65.
 — : Kobalt 157.
 — : Kohle 100.
 — : Konstantan 40. 42. 132. 139. 142. 147. 148. 149. 150.
 — : Kupfer 22. 23. 65. 92.
 — : Neusilber 34. 98. 127. 133.
 — : Nickel 22. 23. 26. 137. 152.
 — : Nichteisen 133.
 — : Nickellegierung 34. 138; s. a. — : Neusilber.
 — : Nickelmanganstahl 42.
 — : Platin 2. 22. 91. 127.
 — : Quecksilber 10.
 — : Silber 22.
 — : Zink 22.
 — -Antimon 12.
 — — -Zink 18.
 — -Kupfer-Nickel 66.
 — -Nickel 23.
 Eisenarsenid 8. 9.
 Eiseenchromid, geschwefelt, 48.
 Eisenglanz 7. 8.
 Eisenkästen zur Aufnahme der Elektrode 75.
 Eisenkies 45.
 Eisenlegierungen 22ff. 42.
 Eisenmantel um die Elektrode 22. 38.
 Eisenmineralien 8. 9.
 Eisenoxyduloxyd 61.
 Eisenpyrit 8.
 Eisenrohrz. Schutz 128. 132.
 Eisensilicid, geschwefelt, 48.
 Eisensulfid s. Schwefeleisen.

Eis erzugsapparat 121.
 Elastischer Aufbau 56.
 Elektrischer Heizkörper 99.
 Elektrischer Ofen zum Brennen der Elektroden 59.
 — zur Erhitzung 149.
 Elektrolyt, fester, 3. 15.
 Elektrolytische Thermoketten 156.
 Elektromotorische Kraft 9. 17. 18.
 — Abnahme 28.
 — Berechnung 157.
 — Erhöhung 90.
 — Gesetz 3.
 — Kurve 3.
 — Quelle 77.
 Elektronenkonzentration 157.
 Elemente, bewegt, 96.
 — aus einem Metall 151.
 — oben in der Säule dicker 125.
 Elfenbein als Elementträger 41.
 Emailen als Schutz 19.
 Empfindlichkeit, Steigerung 148. 149.
 Energie 14. 33.
 Erdtemperatur, Messung, 148.
 Erregen von Magneten 57.
 Erregerelemente 151. 152.
 Erster Ordnung, Elemente, 155.
 Erwärmung, gleichmäßige, 88. 92. 99.
 Explosion, Verhütung, 97.

F.

Fadenkreuz-Element 140. 144.
 Fahlun-Erz 8.
 Farbe, feuerfeste, 117.
 Federn als Ausdehnungsregulator 46. 56. 85. 89.
 Federnde Verbindung 36.

Felderregung 55. 57.
 Feldspat:Zink (Antimon) 59.
 Fernrohr-Pyrometer 140. 142.
 Fester Elektrolyt 3. 15.
 Festigkeit 17. 18.
 Feuchtigkeitsschutz 19.
 Feuerfeste Masse zum Einhüllen der Säule 39.
 — — zur Isolierung 128.
 — — als Träger 73.
 Feuerungsanlagen, Ausnutzung 105.
 Feuerungskanal, mittlerer 81. 82.
 Fingerhutform der Elektroden 38.
 Fixpunkte für Pyrometer 129.
 Flamme, Temperaturmessung 127.
 Flanell 118.
 Flanschverbindung 118.
 Flaschen zur Aufnahme der Elektroden 76.
 Flossen zur Kühlung 91. 153.
 Flüssigkeit in Elementen 2. 3. 155.
 — zur Heizung 64.
 Formeln 156.
 Formieren 161.
 Fransen als Elektrodenfortsatz 91. 153.
 Frischluft, Ansaugen, 106.
 Füllöfen 92.
 Füllstoff 15.
 Fundamentaltemperatur 146.

G.

Galvanisch niedergeschlagene Metalle 68.
 Galvanometer 129.
 Gas, Entweichen aus Stahl 157.
 — Heizung 114.

Gas, Regulierung 86.
 — Verbrauch 14. 33. 56. 87. 111.
 — Verteiler 52.
 — Zirkulation 121.
 Gasbereitung, Abhitze nutzbar 103. 105.
 Gasdruck, Regler und Messer 114.
 Gasglühlichtlampe zum Heizen 161.
 Gefrierpunkt, Abkühlung darunter, 121.
 Gegenstrom des Heizmittels 108. 120.
 —, elektr., Aufhebung, 133.
 Gehäuse zur Aufnahme der Elektrode 66.
 — zur Wärmeregulierung 73. 94.
 Geeignete Anordnung der Elemente 97.
 Gersdorffit 8.
 Geschmolzene Stoffe 85. 155.
 Geschwindigkeitsregelung durch Thermoelemente 150.
 Geteiltes Element 134.
 Gitter zur Aufnahme der Elemente 75.
 Glas, Leitfähigkeit 44.
 Glas-Komposition 99.
 Glasplatten in der Säule 44.
 Glasringe 54.
 Glaucodit 9.
 Gleichmäßigkeit der Gußelektroden 17.
 Glimmer zur Isolation 31.
 — für Schutzhülle 46.
 — Widerstand 161.
 — als Zwischenlage 54.
 — -Asbest 117.
 Glocke zur Kühlung 107.
 Glühbirne mit Thermoelement 149.

Glühen, Einfluß auf EMK 10.

Gold 5. 11.

— zur Lötung 128.

— :Konstantan 42.

— :Quecksilber 10.

— :Zink 10.

— :Zinn 10.

Graphit 8. 11. 61. 130.

— Elektrodenfüllung 17.

— Schutzrohr 132.

— Überzug 134.

— :Retortenkohle 130.

Grünait 8.

Grundsätze für Wirksamkeit 14. 61.

Güte der Thermoelemente 14.

Gummiplatten als Puffer 85.

Guß der Elektroden 17.

Gußeiserner Rahmen als Elementträger 124.

Guttaperchakomposition 99.

H.

Haematit 9.

Härtung des Stahls 157.

Halbierung der Lamellen 107.

Halbprodukte 59.

Halbarkeit 114.

Haltepunkt 78.

Hammerschlag 61.

Handwärme zur Erregung 151.

Haube als Träger der Elemente 153.

Hauerit 9.

Hausmannit 8.

Hauswand als Träger der Elemente 98.

Heilzwecke 150.

Heißluftheizung 27. 40.

Heizung 54. 60. 64. 65. 79. 97ff.

Heizung, Apparat, gesondert, 121.

— Ausnutzung 29.

— der Berührungsstelle 85.

— elektrische 99. 149.

— Flächen - Vergrößerung 38.

— ohne Gasentwicklung 99.

— gleichmäßige 114.

— innere Erwärmung, 27.

— intermittierend 95.

— Kammern, Trennung durch Kühlkammern 121.

— Kanäle 81. 82. 83. 85. 93. 120.

— — durch Elektroden gebildet 121.

— Körper aus 3 Metallen 107.

— Lappen bilden Heizzüge 120.

— Raum, nach oben verengt, 125.

— Ringe 108. 109.

— Rippe 159.

— Röhre aus Asbest 21.

— Schacht, doppelt, 93.

— Schutz 19.

— Stifte 37.

— Trennung von Kühlung, 107. 121.

— Unterbrechung 97.

— Wirkungsgrad 93.

Hilfselement 133. 136. 139.

Hilfstemperaturen 146.

Hitzeschutz 19.

Hochöfen, Temperatur-

messung 129.

Hohlplatten zur Heizung und Kühlung 108.

Hohlräume in Elektroden 59.

Homogenität, Änderung, 127.

Hülle zum Schutz der Elektrode 74.

Hufeisenform der Elemente 65.

Hygiene 150.

I.

I-A-Metall 66.

Induktion 151.

Installation 134.

Iridium 5. 127.

— auf Eisen 18.

— :Iridium - Ruthenium 130.

Iridiumschwarz - Überzug 54.

Isolation 15. 30. 31. 34. 46. 54. 132. 134.

— der Leitungsdrahte 128.

Isolierkörper 14.

Isolierschicht 14. 15.

Isolierträger 68. 70.

K.

Kadmium 5. 11.

— in Antimonlegierungen 17.

— :Quecksilber 10.

— -Antimon 6. 7. 11. 17.

— — -Wismuth 11.

— — -Zink 11. 12. 18.

— — — -Blei 12.

— — — -Zinn 12.

— -Silicium - Antimon-

Zink-Kupfer-Zinn 17.

— -Wismuth 44.

— -Zink 12.

Kadmiumlegierungen 43.

Kalium 5. 7.

Kaliumhydroxyd 155.

Kamm aus Metalldraht 50.

Kanäle in Elektrode 16.

— in Schutzhülle 144.

Kappe zum Schutze vor Oxydation 118. 160.

—, hohle, zur Wärmeisolation 121.

- Kapseln statt Lötung 60.
 — als Umhüllung der Elektrode 75.
 Kasten für Elemente 98.
 Kastenform der Elektrode 118.
 — der Säule 81.
 Kautschukkomposition 99.
 Keilform der Elektrode 25.
 74.
 Kettenform der Säule 61.
 Kieselguhr zur Isolation 80.
 Kitt als Träger 87.
 Kniestück 18.
 Kobalt 5. 11. 20. 138.
 — in Neusilber 35.
 — :Eisen 157.
 — :Quecksilber 10.
 — -Antimon-Zink 18.
 Kobaltarsenid - Antimon-Zink 18. 58.
 Kobaltglanz 8.
 Kobaltit 9.
 Kobaltkies: Kupfer 13.
 Kobaltminerale 8.
 Kobaltpyrit 8.
 Kobaltspeise 8.
 Kobaltsulfid 9.
 Kobellit 9.
 Kochherd 160.
 Körpertemperatur, Messung 148.
 Kohle 60. 121. 130.
 — s. a. Graphit.
 — Ausnutzung 14. 15.
 — zum Heizen 98. 114.
 — Holz-, als Wärmeüberträger und Puffer 52.
 — :Eisen 100.
 — :Kohle 130.
 — :Kupfer 60.
 — :Kupfer- oder Blei-amalgam 60.
 — :Nickel 130. 148.
 — :Platin 43. 130. 148.
 — :Quecksilber 10.
 Kohlenstoff 11.
 Kohlenstoff in Metallen 4. 157.
 Koks zur Heizung 54. 93.
 — Verbrauch 14.
 Kommutator 36. 94.
 Kompensationselement s. Hilfselement.
 Kompensationsmethode 129. 148.
 Kompensator 134. 135. 146.
 — für Widerstand 132.
 Compounddraht 47. 48.
 Kompression der Elektrizität 77. 78.
 Kondensator zur Heizung 57.
 Kondenshitze 98.
 Kondensstrom zur Heizung 103.
 Kondenswasserröhren, Hitzeausnutzung 55.
 Konkave Elektrodenflächen 53.
 Konstantan 26. 158.
 — :Aluminium 147.
 — :Antimon 41. 42.
 — :Antimon-Zink 161.
 — :Cer 42.
 — :Eisen 40. 42. 132. 139. 142. 147—150.
 — :Gold 42.
 — :Kupfer 42. 127. 132. 148.
 — :Manganin 147.
 — :Messing 42.
 — :Silber 42.
 — :Silber-Mangan 42.
 — :Zink-Antimon 18.
 — :Zirkon 42.
 Kontakt, Bewahrung, 54. 91. 160.
 — Vergrößerung 116. 118.
 Konvexe Elektrodenflächen 53.
 Konzentration der Sonnenstrahlen 98. 99.
 Kosten 14.
 Kranzanordnung der Elektroden 25.
 — der Elemente 86. 87. 93.
 Kreidebrei zur Ausfüllung 90.
 Kreis, thermoelektr. 5.
 Kristalle 2. 4.
 Kristallwasserhaltige Verbindung zur Vereinigung der Elektroden 71.
 Kühlapparat, gesondert, 121.
 Kühlbänder aus Kupfer 31.
 Kühblech, zugleich Elementträger 112.
 Kühllässigkeit, Abhalten von Elektroden 120.
 Kühlkammer 52.
 Kühlkanal 85. 88.
 Kühlkappen 123.
 Kühlmantel 22. 93.
 Kühlröhren 92.
 —, Eingießen in die Elektrode 119.
 — sind Pole 65.
 — zur Verbindung 83.
 Kühlung 73. 74. 75. 90. 94. 97ff.
 — innerhalb der Elektrode 27.
 — der Luft 57.
 — durch schnelllaufende Flüssigkeit 117.
 —, vorübergehend, 97.
 Kugellendigung der Elektrode 36.
 Kupfer 5. 6. 11. 13. 17. 25. 61. 67. 132.
 — s. a. Bronze, Buntkupfererz, Deltametall, Konstantan, Messing.
 — in Antimonlegierungen 17.
 — auf Bleiglanz 56.

Kupfer als Leiter 84.
 — für Polstücke 61. 135.
 — zum Schutz der Elektrode 75.
 —, versilbert, als Wärmeüberträger 113.
 — zur Wärmeleitung 96.
 — mit Wismuthüberzug 53.
 — als Zwischenstück 31.
 — :Aluminiumlegierung 16.
 — :Antimon 7. 9. 65. 103.
 — :Antimon-Kadmium 7.
 — :Antimon-Wismuth 7.
 — :Antimon-Zink 7. 160. 161.
 — :Arsen 9.
 — :Eisen 22. 23. 65. 92.
 — :Kohle 60.
 — :Konstantan 42. 127. 132. 148.
 — :Kupferkies 45.
 — :Mineralien 8.
 — :Nickel 132. 148.
 — :Nickel-Chrom 20.
 — :Nickel-Molybdän 20.
 — :Quecksilber 10.
 — :Silicium 43.
 — :Tellur 9.
 — :Wismuth 1. 4. 7. 43.
 — :Wismuth - Antimon 7. 43.
 — :Wolframlegierungen 20.
 — :Zink 4.
 — -Antimon 6. 8.
 — -Cer-Zirkon 19.
 — -Kadmium-Silicium-Antimon-Zink-Zinn 17.
 — -Nickel 6. 11. 20. 24. 34. 56. 72.
 — — :Antimon-Zink 33. 72.
 — — :Blei 34.
 — — :Eisen 34.
 — — -Eisen : Antimon-Zink 66.
 — -Silber 4.

Kupfer-Wismuth 6.
 — -Zink 11. 13.
 — — :Quecksilber 10.
 Kupferamalgam : Kohle 60.
 — :platinirtes Blei 60.
 Kupferbekleidung der Elektroden 26.
 Kupfererz 8. 9.
 Kupferglanz 8.
 Kupferkies 7.
 — :Kupfer 13. 45.
 — :Platin 45.
 Kupferlegierung, versilbert, als Wärmeüberträger 113.
 Kupfermineralien 8. 9.
 Kupfernickel 8.
 Kupferoxyd Elektrolyt 15.
 Kupferphosphid 58.
 Kupferplatten zur Heizung und Kühlung 56.
 Kupferpyrit 8. 57.
 Kupferstahl 4.
 Kupfersulfat 56.
 Kupfersulfid im Phosphid 58.
 — -Bleisulfid 57.
 Kupfersulfür 7. 8. 45.
 — s. a. Schwefelkupfer.
 — in Bleiglanzelektroden 54. 55.
 — Röhren 47.

L.

Lamellen für Elektroden 62.
 Legierungen 2. 4. 5. 12.
 — s. a. die Einzelelemente.
 — verschiedene in einer Säule 29.
 Lehrbachit 9.
 Leistung 35. 40. 54. 56. 61. 80. 87. 91. 98. 103. 111. 114. 115. 161. 162.
 — Steigerung 92.
 — s. a. Ökonomie.
 Leitfähigkeit 17.

Leitflächen, große 133.
 Leucopyrit 9.
 Lichtempfindlichkeit 71.
 Lichtkohle als Elektrode 8. 130.
 Lievrit 8.
 Lineare Säule 148.
 Linnacit 8.
 Litzenform der Elektroden 90.
 Lockerung der Verbindung 158.
 Löllingit 9.
 Lötung 113. 128.
 —, Ersatz 55. 68. 69. 71.
 —, Nachteile 68.
 —, selbsttätige 47.
 Lokalströme, Verminderung 110.
 Lot 24.
 — Füllung 66.
 — als Überguß 91.
 Luft, Schichten - Erneuerung 111.
 —, Zirkulation 102.
 —, Zufuhrapparate 94.
 — Zwischenraum zwischen den Elementen 83.
 Luftdichter Behälter für Kühlung 161.
 Luftheizung 27. 40.
 Luftlöcher zur Kühlung 75.
 Lutierung 117.

M.

Magnalium 11.
 Magnesia-Bekleidung 128.
 Magnesium 5. 11.
 — :Platin in Quecksilber 156.
 — :Quecksilber 10.
 — -Antimon-Zink 19.
 Magnete mit Thermo-
 elementen 57. 151.
 —, Erregung 16. 55. 102.
 — zur Stromverstärkung 94.
 Magneteisen 7. 8. 9.

Magnetischer Schirm 90.
Mangan 5.
— in Legierungen 40.
— -Silber 42.
Manganin 4. 7. 148.
— :Konstantan 147.
Manganit 8.
Mangannickelstahl 42.
Manganstahl:Nickel 133.
Mangansuperoxyd 45. 57.
Mantel um die Elektrode
19. 38.
— zur Wärmezuileitung 36.
— s. a. Schutzrohr.
Mantelform der Säule 82.
Marcasit 9.
Marquardt'sche Masse 140.
Maschinenteile Element-
träger 102.
Medizinische Anwendung
103.
Medizinische Apparate 17.
Messing 5. 6. 11. 17. 25.
— Drahtnetz in den
Elektroden 48.
—, Einwirkung von
Schwefel 47.
— :Konstantan 42.
— :Quecksilber 10.
— :Schwefelkupfer 47. 48.
— :Zink 44.
Meßmethode 129.
Metallbad als eine Elektrode
147.
—, Temperaturmessung
147.
— s. a. Schmelzen.
Metalle 1.
—, Eindringen eines an-
deren Körpers 76. 79.
—, flüssige 79. 80.
— mit verschiedener
Funktion 84.
—, Reihen 1. 4. 5.
— in Salzlösungen 155.
— Überzug auf Elektroden
61.
Metallhaut-Hülle 39.

Metallurgische Betriebe,
Temperaturmessung 126.
Meteor Eisen 8.
Millerit 8.
Mineralien 2. 8. 13.
Mißpickel 9.
Molekültheorie 3.
Molybdän 5.
— -Nickel 20.
Motor, Antrieb 151. 161.
— Messer, Betrieb 149.
—, Thermoelektro—, 151.
Motorräder mit Thermo-
säule 71.

N.

Nadelförmiges Element 148.
Natrium, Stellung 5. 7.
— :Neusilber 11.
Natriumacetat statt des
Lötens 71.
Natriumsilikat 15.
Naumannit 9.
Nebenschlußwiderstand
136. 137. 146.
Neusilber 5. 6. 11. 34. 35.
36. 74. 109. 133.
— s. a. Nickel-Kupfer.
— Drahtnetz in den
Elektroden 48.
— Kappen 72.
— Polplatte 61.
— zur Umhüllung der
Elektroden 45.
— :Aluminium 148.
— :Antimon-Zink 35. 36.
160. 161.
— :Eisen 34. 98. 127.
133.
— :Quecksilber 10.
— :Schwefelkupfer 45.
— :Tellur 43.
Neutraler Punkt 3. 78.
Nicolit 8.
Nichtleitende durchlöcher-
te Platte als Elementträger
55.

Nickel 5. 6. 11. 17. 18.
20. 26 ff. 56. 132.
— s. a. Neusilber.
— als Ansatzleiter 133.
— auf Eisen 18.
— als Kern 17.
— Legierungen 26 ff.
— — :Eisen 138.
— Mineralien 8.
— Reinigung 26.
— als Schutz 128. 132.
— zur Verbindung 22.
— :Aluminium 148.
— :Antimon-Zink 26. 75.
86. 93.
— :Chromstahl 133.
— :Eisen 22. 23. 26. 137.
152.
— :Kohle 130. 148.
— :Kupfer 132. 148.
— :Manganstahl 133.
— :Palladium 7.
— :Palladiumwasserstoff
7.
— :Quecksilber 9.
— :Schwefelkupfer 46.
— :Silicium 43.
— :Wolframstahl 133.
— -Antimon 11.
— -Zink 18.
— -Chrom 20.
— -Eisen 4. 23.
— — :Eisen 133.
— -Kupfer 6. 11. 20. 24.
34. 56. 72.
— — :Antimon-Zink 34.
117. 158.
— — :Quecksilber 10.
— — -Eisen 66.
— -Manganstahl 42.
— — :Eisen 42.
— -Molybdän 20.
— -Uran 20.
— -Wolfram 20.
Nickelantimonglanz 8.
Nickelglanz 8.
Nickelin zur Verbindung
22.
Nickelpyrit 8.

Nickelsulfid 9.
 Nitrogenierte Verbindungen 99.
 Nutzeffekt, Erhöhung 28.
 — s. a. Wirkungsgrad.

O.

Oberflächenschichten 4.
 Ökonomie 14. 15. 92. 99. 162.
 — s. a. Leistung.
 Öl zur Heizung 79. 107.
 Ölbehälter 91.
 Ofen aus Doppelringen 92.
 — Thermo-, 114.
 — für Thermosäule 52. 82. 93.
 Opal-Komposition 99.
 Optische Konzentration der Wärmestrahlen 140. 144.
 Ortswirkung, Vermeidung 160.
 Oxyde 7.
 Oxydhaut auf Elektroden 127.
 Oxyd-Zwischenschicht 41.

P.

Palladium 5.
 — zur Lötung 128.
 — : Nickel 7.
 — : Palladiumwasserstoff 7.
 Palladiumwasserstoff : Nickel 7.
 Paraffinbad zum Erhitzen 65.
 Parallelepiped als Elektroden 27.
 Parallelsäule 91.
 Parasitäre Ströme 139.
 Peacock-Kupfererz 8.
 Pechbedeckung 34.
 Pechblende 8.
 Peltier-Effekt 3. 33. 100.
 Periodenzahl, hohe 95.

Petroleum zur Heizung 54. 98. 114.
 Phosphate 156.
 Phosphide 58.
 Phosphor, überschüssiger, in Phosphiden 58.
 Phosphorstickstoff-Komposition 99.
 Photographie bei Pyrometern 130.
 Photometer 71.
 Platin 4. 5. 6. 11. 127.
 — auf Bleiglanz 56.
 — Drahtnetz in den Elektroden 48.
 — auf Eisen 18.
 — mit Eisenüberzug 70.
 — Folie als Schutz 128.
 — Hülsen zur Wärmeleitung 37.
 —, platinirt 45.
 — : Eisen 2. 22. 91. 127.
 — : Kohle 43. 130. 148.
 — : Kupferkies 45.
 — : Magnesium in Quecksilber 156.
 — : Platin-Iridium 132.
 — : Platinlegierungen 43.
 — : Platin-Rhodium 128. 137. 139.
 — : Quecksilber 10.
 — : Stahl 157.
 — — Chrom 128.
 — — Iridium 128.
 Platinierung 60.
 Platinoid 7.
 Platinsalze 3.
 Platinschwarz-Überzug 54.
 Polstücke 135.
 Porösmachen der Elektroden 54.
 Porzellan für Schutzrohr 127. 128. 132.
 — Ringe 54.
 Prallplatten für die Wärme 40.
 Pressen zur Vereinigung 42.

Pressung, intermittierend, 16.
 Psilomelan 8.
 Puffer für Ausdehnung 25. 52. 61. 63. 85. 88. 119.
 Pulvrige Stoffe 50. 53. 56. 59. 85. 130.
 Pyrheliometer 144.
 Pyrit 8. 9.
 — : Chalcopyrit 13.
 — : Pyrolusit 13.
 Pyrolusit 2. 7. 8. 45.
 — s. a. Braunstein.
 — : Kupfer 13.
 — : Pyrit 13.
 — : Wismuth 13.
 — -Antimon 13.
 Pyrometer 71.
 —, Empfindlichkeits-Erhöhung 134.
 —, Genauigkeit 127. 132.
 —, optische, 127.
 —, Vorbehandlung 127. 128.
 —, Vorteile 126.
 Pyrometrisches Teleskop 140. 142.
 Pyrrhotit 9.
 — : Antimon 13.
 — : Wismuth 13.

Q.

Quadratischer Querschnitt der Elektrode 37.
 Quarz 15.
 — Paste zum Schutz 128.
 Quecksilber 5.
 — für Stromzuführung 149.
 — : Aluminium 10.
 — : Amalgame 7.
 — : Antimon 10.
 — : Blei 10.
 — : Eisen 10.
 — : Gold 10.
 — : Kadmium 10.

Quecksilber:Kobalt 10.

— :Kohle 10.

— :Kupfer 10.

— :Magnesium 10.

— :Messing 10.

— :Neusilber 10.

— :Nickel 9.

— :Platin 10.

— :Silber 10.

— :Wismuth 9.

— :Zink 10.

— :Zinn 10.

Querschnittverringern
133.

R.

Radspeichenform der Säule
68.

Räume zur Aufnahme wirk-
samer Substanz 84.

Rammelsbergit 8.

Raumersparnis 73.

Reflektorausbildung der
Elemente 161.

Registrierende Pyrometer
129.

Regulator 106.

Reguliertventil für Kühlluft
76.

Reifenträger 30.

Reihen, thermoelekt., 1. 4.
5.

—, Elektroden- 159.

— — übereinander 81.

Reinheit der Materialien 4.

Reparatur 111. 124.

Rhodium 5. 127.

Richtungsänderung 4.

Ringe von Elektroden 25.
30. 38. 50. 51. 52. 53.
90. 109. 158.

— um Elektroden 158.

— von Elementen 22. 73.
82. 92. 108. 106. 117.
151.

— mit Rinnen als Träger
57.

Ringform der Leiter 84.

— der Lötstelle 100.

Rinne in einer Elektrode zur
Aufnahme der andern
76.

Rinne in der Heizfläche 38.

Rippenrohr als Säule 64.

Röhren, ineinander, für
Elektroden 62.

—, poröse, zur Aufnahme
der Elemente 100.

Röhrenelektroden 27. 32.
36. 46. 47. 56. 108.

Röhrenform der Elemente
71.

Rohre nehmen die Elemente
auf 23.

Rollenform der Elektrode
25.

Rosettenform der Elektrode
109.

Rost 88.

Rotation durch Thermo-
ströme 1.

Roteisenerz 8.

Rotglut 5.

Rotierende Elektroden 94.

Ruß auf den Elektroden
37. 53.

— auf den Lötstellen 99.

— als Wärmeüberträger
und Puffer 52.

Ruthenium 130.

Rutil 9.

S.

S-Streifen 81.

Säuren 156.

Salmiak bei Herstellung
der Elektroden 54.

Salpetersäure 156.

Salze 58.

— zwischen d. Elektroden
71.

—, geschmolzen, 3.

Salzlösungen mit Metallen
2. 155.

Sartorit 9.

Schaltung 26. 36. 68. 93.
— bei Pyrometern 130.

Scheibenform der Elek-
troden 65. 94. 100.

Scheidewand, poröse 71.

Schenkel, dicke, 130.

Schiefer zur Isolierung 34.

Schienenförmige Elektrode
72.

Schirm zwischen — und
—Stücken 90.

Schlackenwolle als Puffer
25.

Schlingen-Anordnung 15.

Schmelze 3. 85. 155.

—, Temperaturmessung
128. 132.

Schmelzen, Das, 7.

—, Vermeiden, 75. 76. 88.

Schmelzpunkt 17. 18.

—, Bestimmung 91.

Schnelle Kühlung 4.

Schornstein, umgeben von
Thermoelementen 102.

Schutz der Elektroden 22.
30.

Schutzhülle 127. 128. 130.
140. 144. 145.

— s. a. Rohr.

Schutzrohr 127. 128. 132.
134. 145.

Schwefel 150.

— als Elektrodenfüllung
17.

Schwefelblei 54.

— :Antimon-Zink 55.

Schwefeleisen 7. 8. 9.

— als Zusatz zu Schwefel-
kupferelementen 47.

— -Schwefelblei 58.

Schwefelkies:Kupfer 13.

Schwefelkupfer 45 ff.

— gepreßt 49.

— mit Zusätzen 46.

— :Messing 47. 48.

— :Neusilber 45.

— :Nickel 46.

— :Wismuth 53.

Schwefelkupfer - Antimon 53.
 — -Schwefelblei 57.
 Schwefelverbindungen 9.
 Schweißen, elektrisch 40. 139.
 —, Nachteile 68.
 Schwingungen, elektrische, Messung, 147. 149.
 Segmentform der Elektroden 90.
 — der Querschnitte 153.
 Sektorförmige Elektroden 61.
 — Verbindungen 73.
 Selbstinduktion, Vermeidung 90.
 Selen 5. 56.
 Selenblei 8.
 Selenide 58.
 Sicherheitsventil 97.
 Silber 4. 5. 6. 8. 11.
 — Band als Wärmeüberträger 113.
 — auf Zink-Antimon 56.
 — : Eisen 22.
 — : Konstantan 42.
 — : Quecksilber 10.
 — -Kupfer 4.
 — -Mangan 42.
 Silbersulfid 7. 8.
 Silicide 58.
 Silicium 43. 158.
 — in Antimonlegierungen 17.
 — -Eisen, geschwefelt, 48.
 — -Kadmium - Antimon-Zink-Kupfer-Zinn 17.
 Silikate 59.
 Skutterudit 9.
 Smaltit 9.
 Sonnentemperatur, Messung, 144.
 Sonnenwärme zur Heizung 98.
 Spannung, mechanische, 4. 16.
 Spateisenstein 8.
 Sphalerit 9.

Spiegeleisen 8.
 Spiralanordnung der Elektroden 91.
 — der Elemente 90.
 Spiralen in den Elektroden 82.
 — zwischen den Elektroden 148.
 — zur Sicherung des Kontakts 54.
 Spiralform der Elektrode 62. 68.
 Spiritus zur Heizung 115.
 — zur Kühlung 94.
 Spitzen dringen in die Elektroden 55.
 Spitzen-Elektroden 73. 74.
 Stabeisen 6.
 Stabelektroden 57. 94.
 Stabgebilde als Leiter oder Träger 57.
 Stahl 4. 5. 6. 16. 19. 20. 132.
 — Draht zum Schutz der Elektroden 49.
 — verschiedener Härtung 157.
 — in Elektrode 119.
 — zur Wärmezuileitung 48.
 — : Nickelstahl 133.
 — : Platin 157.
 Stangen-Elektroden 72.
 Stege zum Schutz der Elektrode 74.
 Steingut zum Schutz der Elektrode 74.
 — als Träger 57.
 Sternförmige Vereinigung der Elemente 68.
 Stickstoff zur Heizung 98.
 Strahlende Wärme der Säule, Ausnutzung 102.
 Strahlrohre zum Kühlen 124.
 Strahlungen, Messung 147.
 Stroh zur Isolierung 61.
 Strom, Gleichmäßigkeit 125.

Strom, Sammlung 55.
 —, Verluste 61.
 —, Verstärken 94. 151.
 Struktur 2. 4. 7.
 — Änderung 68.
 Sulfide 2. 7. 58.
 — s. a. unter den einzelnen Metallen und Schwefel.
 Sylvanit 9.

T.

Taits Diagramm 3. 77.
 Teilweiser Betrieb der Säule 92.
 Telephonant 14.
 Teleskop in Verbindung mit Thermoelement 140. 142.
 Tellerform der Elektroden 63.
 Tellur 5. 7. 8. 9. 11.
 — : Neusilber 43.
 — -Antimon 12.
 — -Wismuth 8. 11.
 Telluride 9. 58.
 Temperatur, absolute 149.
 — Ausgleich 107.
 — Einfluß auf EMK 11.
 — Konstanz der kalten Lötstelle 146.
 — Messung, 23. 71. 91. 126 ff.
 — der Thermosäule.
 Messung, 138.
 — Unterschiede 3. 4.
 — — Messung 147. 148.
 Temperofen, Temperaturmessung 129.
 Tetrydinit 8.
 Tetraedrit 9.
 Thallium 5. 11.
 — -Antimon 11.
 Theorie 157.
 Thermokräfte, zufällige, Schutz, 129.
 Thermometer-Regulator 58. 146.

Thermostat 58.
Thermotan 148.
Thermotor 114.
Thermotropische Kette 15.
Thomson-Effekt 3.
Thoriumbronze 19.
Tiegel nehmen die Elektroden auf 65.
Titan 5.
Ton, Elektrodenschutz 74. 128.
— Scheiben als Elemententräger 86. 89.
Träger für die Elemente 36. 41. 55. 75.
Transformator als Thermoelement 99.
— Strom, Verstärkung 151.
Trennung der Elektroden 134. 147.
— von Heizung und Kühlung 107. 108.
Trennungs-Rohr 128. 131.

U.

Übereinanderlegen der Elektroden 75. 76.
— der Elemente 61.
Übergangswiderstand 157.
Überhitzen, Schutz 68.
Überzug, isolierender 117.
Ullmannit 8.
Umkehrung des Stroms 5.
Umgießen 72. 74. 118.
Umschaltung, selbsttätige, 16.
Umschmelzen 7.
Umwandlungspunkte der Stähle 157.
Uran 5.
— -Nickel 20.

V.

Vakuum-Thermoelement 148. 149.

Ventilation zur Kühlung 152.
Ventilator, Betrieb, 151.
— für Kühlung 40. 68. 74.
Ventilsteuerungen 97.
Verbindung der Elektroden 117. 135.
Verbindungsfläche, groß auf kleinem Raum, 62.
Verbindungsstellen, Schutz 158.
Verbrennungsluft, Vorwärmung, 101.
Verbrennungswärme, Ausnutzung, 114.
Verdampfung zur Kühlung 94.
Verdunstung zur Kühlung 91. 98.
Vereinigung der Elektroden 18. 42.
Vereinigungsstelle, Querschnittverringerung 133.
Verlängertes Element 133. 139.
Verschiedenheit der Elemente 29.
Verschluß, hermetischer, 119.
Vertiefungen in den Elektroden 55.
Verunreinigungen 4.
Volumenänderung, Ausgleich, 25. 46. 52. 56. 61. 66. 85. 88. 89. 119.
Vorwärmung 101.
Vorzüge der Thermosäulen 14.

W.

Wärme, Ausnutzung, 111. 120.
—, Ausnutzung der strahlenden, 27.
—, Beförderung der Ausstrahlung, 73.
—, Festhalten, 99. 115. 121.

Wärme, Festhalten, s. a. Wärmeschutz.
—, Nutzeffekt, 14. 15.
—, Regelung, 94. 105.
—, ruhende, 117.
—, Übertragung 131. 159.
— Verteilung 4.
— — durch Prallplatten 40.
—, Weg, 121.
—, Zirkulation, 81.
— Zuleitung 48. 52. 72. 83. 84.
— —, gleichmäßige 110.
— —, s. a. Wärmeüberträger.
Wärmeakkumulator 61.
Wärmekapazität, niedrige, 40.
Wärmequellen, Bewegung, 95.
Wärmereflektierende Stoffe 53.
Wärmeschutz 18. 27. 31.
— s. a. Wärme, Festhalten.
Wärmestrahlen, Konzentration, 140. 149.
Wärmestrahlung, Bestimmung, 40. 43.
Wärmeüberträger 111.
— s. a. Wärme, Zuleitung.
— an beiden Warmenden 112.
—, biegsam, 113.
Wärmeumsetzung des Stroms 61.
Wärmeverluste, Vermeidung, 110. 116.
Walzen 4.
Wasserdampf z. Erhöhung der Heizkraft 98.
Wasserglas 15. 18. 19.
— Brei zum Ausgießen 90.
— Imprägnation 54.
— Paste 123. 132.
Wassermantel, angegossen, 117.

Wassermantel, durch Elektrodenwände gebildet 119.
Wasserstoff-Legierungen 7.
Wechselstrom 16. 95.
—, Messung, 150.
Wechselstrommaschine 99.
Wehrliit 8.
Weißblech 18. 25.
— : Antimon-Zink 86. 93.
— : Wismuth 24. 43.
Weißgülden 7.
Wellblech Elektrode 65.
— Kühlmantel, 93.
Welle als Elementträger 97.
Wellenförmige Bänder 34.
Wellenform der Elektrode 16.
Wellige Platten zur Verbindung 57.
Wheatstone'sche Brücke 150.
Widerstand 18. 33. 34. 38.
— im Stromkreis 136. 139.
—, Verringerung, 28. 60. 73. 92.
Widerstandsbestimmung z. Messung v. Temperaturunterschieden 147.
Widerstandsmethode 130.
Wirkungsgrad 18. 33. 37.
— s. n. Nutzeffekt.
Wismuth 5. 6. 7. 8. 12. 13. 61.
— in Antimon-Zink 19. 35.
— auf Kupfer 53.
— im Lot 91.
— Überzug 53. 54.
— zinnhaltig 4.
— : Antimon 11. 24. 43. 81. 138. 149. 151. 157.
— : Kupfer 7. 43.
— : Neusilber 11.
— : Quecksilber 9.
— : Schwefelkupfer 53.
— : Weißblech 24. 43.

Wismuth-Amalgam 6.
— -Antimon 1. 6. 7. 12.
— — : Antimon-Kadmium-Wismuth 43.
— — : Kupfer 7. 43.
— — : Wismuth-Zinn 44.
— — -Kadmium 11.
— — -Zink 18.
— -Arsen 12.
— -Blei 6. 12.
— -Kadmium 44.
— -Kupfer 1. 4. 6.
— -Legierungen 11. 43. 44.
— -Tellur 11.
— -Wismuthsulfid 12.
— -Zink 6.
— -Zinn 6. 12.
— — : Wismuth - Antimon 44.
Wismuthinit 8.
Wismuthminerale 8.
Wismuthsulfid 7. 9.
— -Wismuth 12.
Wismuthtellurid 8.
Wolfram 5. 132.
— Legierungen: Kupfer 20.
— -Nickel 20.
Wolframit 58.
Wolframstahl 19. 20.
Würfelform der Elektroden 4. 44.
— der Säule 43.

Z.

Zement zum Einhüllen der Säule 39.
— zum Isolieren 25. 34.
— als Träger 73.
— zur Umkleidung der Wärmeleiter 57.
— verglast als Bekleidung 38.
Zentralanlage 121.
Zerbrechlichkeit, Verminderung, 72. 73. 103.
Zerspringen der Elektroden 32.

Zerstäubvorrichtung zum Kühlen 122.
Zickzackgestalt der Elektrode 62.
— der Lötstellen 23.
— der Säule 104.
Zickzackverbindung der Elektroden 43.
Ziegelstaub zur Füllung 94.
Ziegelstein 16. 17.
— Elektrode 34.
Zimmerheizung, Ausnutzung 162.
Zink 5. 6. 11. 44.
— haarförmige Vegetationen 19.
— in Zinksalzlösung 155.
— : Eisen 22.
— : Feldspat 59.
— : Gold 10.
— : Messing 44.
— : Quecksilber 10.
— -Aluminium 16.
— -Amalgam 6.
— -Antimon, sowie die Elemente u. Legierungen s. Antimon-Zink.
— -Kadmium 12.
— — -Silicium - Antimon-Kupfer-Zinn 17.
— -Kupfer 4. 11. 13.
— -Wismuth 6.
Zinkbäder, Temperaturmessung, 128.
Zinkblende 8. 9.
Zinksulfid 7.
Zinn 5. 6. 11.
— in Antimonlegierungen 17.
— in Wismuth 4.
— : Antimon-Zink 160. 161.
— : Gold 10.
— : Quecksilber 10.
— : Zink-Antimon 44.
— -Antimon 6. 44.
— — -Kadmium-Zink 12.
— -Blei 6. 12.

Zinn - Kadmium - Silicium - Antimon - Zink - Kupfer 17.	Zirkulation heißer Luft 40.	Zusammenziehung s. Vo- lumenänderung.
— -Legierungen 44.	Zorgit 9.	Zwischenkontakte 55.
— — für Kühlglocke 107.	Zündung 158. 162.	Zwischenleiter 115. 181.
— -Wismuth 6. 12.	Zug, Unterstützung, 85. 101.	Zwischenstück 28.
— — -Blei-Aluminium als Lot 91.	— s. a. Ventilator.	Zylinder als Hülle 50.
Zinnstein 8.	Zugmesser nimmt Thermo- element auf 146.	—, halber, als Träger 91.
Zinntellurid im Phosphid 58.	Zungen zur Verbindung 18. 101.	—, isolierender, als Ele- mentträger 114.
Zirkon 11.	Zusammenbau mehrerer Säulen 76.	Zylinderform der Elemente 122.
— :Konstantan 42.	Zusammengesetzte Elek- trode 57. 75.	— der Säule 100.
Zirkonmetalle 19.		

Namenregister.

A.

Abraham 23.
 Abt, A., 13.
 Acheson, E. G., 16. 61. 65.
 151. 155.
 Adler, F. W., 146.
 Aktiengesellschaft für elek-
 trisches Licht und Tele-
 graphenbau „Helios“
 156.
 Allamet, M., 139. 144.
 Andrews 2.
 Angrick, E., 92.
 Armagnat, H., 41. 126.
 Arndt, K., 126. 129.
 Asher 98.
 Aubel, E. van, 147.
 Avenarius 3.

B.

Bachmetjew 5.
 Bagard 156.
 Ballois, E., 126.
 Barret, W. F., 42.
 Barus, C., 9. 126. 128.
 157.
 Battelli 156.
 Bauer, A., 73.
 Baumgarten, E., 32.
 Becker, J., 72. 93.
 Beequerel, E., 1. 2. 7. 11.
 43. 45. 46. 127. 156.
 Beeck, A. van, 1.
 Beetz 56.

Peters, Thermolemente.

Belloc, M. G., 23. 157.
 Bénier, L., 76. 84.
 Berthelot, D., 129.
 Betz, G., 68.
 Bitt, F., 83.
 Böttger 2.
 Bolto 2.
 Boltzmann 157.
 Borne, de la, 2.
 Boudouard, O., 126.
 Bouty, E., 155.
 Bradley 80.
 Brander 155.
 Brandes, H., 148. 149.
 Branston, F. R. E., 82.
 Braun, F., 3. 11.
 Braun & Co., Paul, 131.
 Bremer, H., 108.
 Bristol, W. H., 133. 138.
 146. 147.
 Broadwell, E. C., 52. 58.
 Bromhead, S. S., 98.
 Bronn, J., 130.
 Brough 126.
 Bruchietti, G., 7.
 Brüggemann, E., 33.
 Buff 44.
 Bunker, Ch. M., 159.
 Bunsen, R., 2. 45.
 Burjoji, A., 76.
 Burnie, W. B., 4.

C.

Case, W. E., 155.
 Chamberlain, & Hookham
 149.

Chaperon 3.
 Charpentier, J., 85.
 Chassagny 23.
 Chaudron 25.
 Chauvin & Arnoux 139.
 Christiani 37.
 Clamond, Ch., 33. 44. 54.
 55. 85.
 Collingridge, A., 151.
 Compagnie Thermo-Elec-
 trique (Système Hermite)
 47. 49. 52.
 Contades, de, 82.
 Cooper, Ch. F., 46. 47.
 49. 52.
 Cove, G. H., 159.
 Cox, H. B., 38. 39. 40.
 Cox Thermo-Electric Co.
 39.
 Crawford, W. J., 90.
 Crompton & Co. 133.
 Cumming 1.
 Czermak, P., 148.

D.

Dana, E. S., 2. 8.
 Day, A., 3. 126.
 Dewar, J., 10.
 Dickerson, E. N., 22.
 Diecks, H., 153.
 Diederichs 148.
 Dion, J. B. C., 58.
 Donle 156.
 Doucet, Lambotte-, 57.
 Dove, H. W., 91.

Dowsing, H. J., 102.
Drossbach, G. P., 19.
Duane, W., 156.
Dubois 148.
Dudell, W., 126.
Dunn, R. H., 98.

E.

Eaton, A. K., 15.
Ebeling 155.
Edelkamp 76.
Edison, Th. A., 16. 57.
94.
Egg-Sieberg, H., 3.
Elbs, C., 32.
Electrolibration Co. 17.
Elektrotechnische Werk-
statt Darmstadt 114.
Emanuel, P. A., 100.
Emery, G. Fr., 155.
Englisch, E., 7. 34.

F.

Faraday 155.
Farmer 36.
Faure, C. A., 34. 56.
Féry, Ch., 140. 142.
Fleming, J. A., 10.
Flight, W., 2. 8.
Fourier 2.
Friedel 2.
Friedrichs, F., 107.
Fuchs, V., 34. 147.

G.

Gantke, H., 99.
Gaugain 43. 65.
General Electric Co. of
Schenectady 43. 158.
Gilmore, W. E., 117.
Giraud, P., 17. 92.
Goossens, B. J., 156.
Gore 155.
Gottsoho, L., 99., 115.

Gouraud 75.
Grünwald, F., 99.
Guarini, E., 126.
Gülcher, R. J., 26. 28. 31.
33. 46. 113.
Guillaume, E., 9.

H.

Hadfield 126.
— Steel Foundry Co. 42.
Hagenbach, A., 155.
Hall, B. J., 106.
—, T. G., 65.
Hankel 2. 5. 7.
Hartmann & Braun 115.
144.
Harrison, Ch. W., 60.
Harvey, G. C., 25.
Haskell, W. E., 117. 158.
Hauck 33. 38. 108.
Hearington, A. H., 103.
Heath, H. E., 158.
Heil, A., 5. 7. 11. 12. 14.
18. 42. 111—115. 157.
161.
Heimel 59.
Helios 156.
Henderson 155.
Heraeus, W. C., 129. 130.
Hermite, E., 46. 47. 49.
52.
Higgs, P., 16. 22.
Holborn, L., 3. 126. 147.
Holden, S. H., 149.
Hookham 149.
Hoskins, W., 20.
Hutchins, C. C., 44.

J.

Iden 75.
Jehl 108.
Jobert 98.
Jonas, B., 68.
Jungner 23.

K.

Katz, J., 103.
Kayser, H., 37. 56.
Keiser & Schmidt 129.
132.
Kelvin, Lord, 10.
Kimball, F. R., 159.
Kitsee, J., 71.
Kleiner, A., 147. 148.
Klemenčić, J., 147. 150.
Kloman, A. C., 16.
Knott 2.
Koch 56.
Kohn, A., 72.
Kokosky, S., 130.
Kollert, J., 33. 37.
Kreidler, A., 63.

L.

Ladd 35.
Lambotte-Doucet, A., 57.
Langville, L. S., 24. 67.
82.
Laske, O., 72.
Lautensack, D., 72.
Lea, J., 25.
Lebedew 148.
Lebiez, L. C. E., 17.
Le Chatelier, H., 126. 127.
132.
Lehfeldt, R. A., 129.
Le Roy, G. A., 19.
Liebenow, C., 3. 15.
Lucas, P., 161.
Lyons, J. A., 52. 58.

M.

Maclean, M., 4.
Markus, S., 35.
Marsh, A. L., 20. 133.
Matthias, J., 73. 74.
Matthiessen 2.
Melloni 40. 43. 147.
Mestern, H., 38. 75.
—, R., 65.

Mewes, R., 95.
 Meyer, C., 151.
 —, G., 95.
 Mickle, J., 98.
 Millochau 144.
 Moll 1.
 Mollison, J. S., 97.
 Moncel, Du, 86.
 Monckmann 2.
 Monckton, E. H. C., 98.
 Mond, R. L., 69.
 Morreu 24. 43.
 Müller, J., 95.
 Mure, L., 54.

N.

Naccari 156.
 Nernst 156.
 Noack, K., 23.
 Nobili 2. 43.
 Noë 33. 36. 111.
 Noll, K., 9.
 Northrup, E. F., 126.
 Nyvelt 1.

O.

Oersted 2.
 Oliver, J., 90.

P.

Paillot, R., 147.
 Palme, A., 3. 22. 148.
 Patterson, A., 76.
 Pécheux, H., 16. 132.
 Peirce, B. O., 7.
 Peukert 111.
 Physikalischer Verein
 Frankfurt 34. 115.
 Physikalisch - Technische
 Reichsanstalt 130. 132.
 Pillier 130.
 Pintsch, J., 26. 28. 31.
 Planck 156.
 Poggendorff 34. 127.
 Ponsot 149.
 Poole, M., 34.

Porter, E. F., 151.
 Pouillet 127.
 Pyro Electric Co. 117.

Q.

Queen & Co. 129.

R.

Ramakers, L., 129.
 Ramsden, J. C., 98.
 Raub, E., 108.
 Reagan 98. 102.
 Rebižek 37.
 Reed, C. J., 15. 155.
 Riatti, V., 155.
 Ritter 1.
 Roberts, W. S. de L., 97.
 Roberts-Austin 130.
 Roeber, E. F., 126.
 Rolland 56.
 Rollmann, W., 2. 6. 11.
 44.
 Rosetti 127.
 Rosing, B., 15.
 Rosset, G., 9. 129. 133.
 146.
 Roussele & Tournaire
 129.
 Rubens, H., 40. 148.
 Ruhmkorff 45.
 Russel, J. W. 117.
 Rust, A., 44.

S.

Sana, S., 157.
 Sanche, H., 150.
 Schaefer 148.
 Schaub, G., 81.
 Schenck, R., 157.
 Schmidt, A., 31.
 Schmitz, H. E., 5.
 Schoeller, A., 162.
 Schöninger, F., 73.
 Schrauf, A., 2. 8.
 Schuetz, Fr. F., 132.

Schultze, G. A., 146.
 Schweigger 1.
 Scott, W., 26.
 Seebeck 1. 2. 5. 6.
 Seibl, G., 149.
 Severy, M. L., 98. 155.
 156.
 Shedlock, J. J., 65.
 Siemens, W., 132.
 Siemens & Halske 129.
 130. 145.
 Smith, W. H., 65. 82.
 Spinks & Co., W. A., 20.
 133.
 Stead 126.
 Stefan 2. 7. 13. 45.
 Steinmann, É., 26.
 Streintz 36.
 Strouhal 157.
 Sturgeon 2.
 Sudre, J. M. E., 60.
 Sundré 44.

T.

Tammann 128.
 Thénard, A., 65.
 Thermo-Electric Co. 153.
 Thierbach, Br., 34. 148.
 Thomson, W., 5.
 Thwing, Ch. B., 6. 24.
 Tissier, A., 59.
 Tory, H. M., 3.
 Troost, L., 147.
 Turin, N. N., 12.
 Turley, Th. B., 90.

U.

Uppenborn 33.

V.

Venzie, W., 117.
 Verchere, P. L., 17.

W.

Waidner, C. W., 132.
 Walbrecht, J., 61. 87.

Walker 155.
Waltenhofen 36. 37.
Watt, Ch., 108.
Webb, J. N., 17. 65.
Wertheim - Salomonsen, J.
K. A., 150.
Wheatstone 35.
White 127.
Wiedemann, G., 3.
Wien, W., 126. 147.

Wightman, M. J., 117.
Wild 156.
Wildermann, M., 69.
Williams, J. St., 98. 104.
Wolf jr. & Co., A., 42.
111. 114.
Wollaston, Ch. J., 16.
Woodward, H., 25.
Wolley, L. G., 102.
Wray, C. u. L., 22.

Wray jun. 97.
Wuilleumier, H., 93.
Wunderlich, A., 60. 100.
102. 121.

Y.

Yelin 1.
Yost, E. F., 65. 82.

Patentregister.

1. Deutsches Reich.

27 143 61.	83 859 60. 121.	133 903 47.
29 772 72. 113.	84 183 99.	135 064 140.
34 913 61.	85 829 121.	139 631 18.
35 414 104.	86 577 100.	139 926 19.
42 253 108.	87 302 100.	140 833 111.
43 337 87.	87 533 102.	140 834 112.
44 146 26.	88 645 100.	142 829 63.
47 969 89.	96 660 39.	150 661 108.
48 753 68.	99 149 92.	158 099 42.
51 650 156.	105 170 73.	160 305 42.
53 620 99.	106 234 144.	163 171 14. 114.
53 847 75.	107 515 74.	165 324 131.
54 508 151.	109 570 151.	166 390 142.
59 676 28.	111 657 99.	167 646 139.
59 693 28.	116 675 68.	168 297 130.
67 610 17.	123 146 115.	168 412 20.
70 290 92.	128 856 67.	169 497 139.
72 858 148.	132 476 46.	172 686 158.
80 016 38.	132 924 84.	
83 170 95.		

Deutsche Gebrauchsmuster.

154 084 145.	234 792 131.	234 856 145.
212 873 107.	255 090 131.	286 540 149.
226 967 146.		

2. Frankreich.

Zus. 4 233 49.	339 137 49.	351 599 146.
338 384 19.	349 632 20.	358 051 76.

3. Großbritannien.

1848	1852	1866
9 741 34.	834 108.	1 135 93.

1866
1 718 94.
1866
3 351 94.
1867
1 314 72.
1868
3 060 54.
1872
1 740 34.
1873
3 540 56.
1874
265 98.
1874
1 199 55.
1875
58 16.
1875
2 205 55.
1875
2 946 57.
1876
976 97.
1876
3 670 56.
1876
4 269 81.
1877
902 22.
1877
1 583 55.
1877
4 934 60.
1878
4 118 26.
1878
5 041 60.
1878
5 078 103.
1878
5 250 26.
1879
2 402 57.
1879
3 586 57.
1881
108 98.

1882
700 98.
1882
5 421 25.
1883
1 357 65.
1883
2 062 25.
1883
5 109 98.
1883
5 983 104.
1884
4 158 72.
1884
15 692 25.
1885
3 845 25.
1885
14 037 76.
1886
4 937 155.
1886
5 092 44.
1886
6 869 55.
1886
8 620 108.
1887
14 839 102.
1887
16 709 16.
1887
17 837 151.
1887
18 030 17.
1888
2 259 38.
1888
4 456 151.
1889
46 97.
1889
6 119 65.
1889
11 661 75.
1889
12 145 151.

1890
12 330 22.
1890
12 979 38.
1891
7 822 92.
1891
8 323 155.
1891
9 627 28.
1891
10 371 82.
1891
11 060 17.
1892
10 774 17.
1893
6 551 65.
1893
17 493 58.
1894
7 617 38.
1895
5 196 39.
1895
17 736 40.
1895
19 461 40.
1895
23 865 100.
1896
12 650 39.
1896
14 639 102.
1897
16 774 150.
1898
623 26.
1898
6 220 151.
1898
12 323 100.
1898
27 526 73.
1899
5 868 144.
1899
7 527 74.

1899		1901		1904
14 033 98.		8 985 84.		24 178 42.
1899		1902		1904
18 468 149.		418 106.		28 554 20.
1899		1902		1905
24 536 115.		15 784 24.		2 934 139.
1899		1902		1905
24 968 68.		23 858 111.		2 934 146.
1900		1904		1905
12 249 82. 111.		12 615 103.		11 300 47.
1900		1904		1905
18 036 59.		14 545 133.		11 301 49.
1900		1904		1905
18 904 90.		14 545 147.		11 301 A 52.
1901		1904		1905
2 835 47.		23 095 117.		17 181 43.
1901		1904		
2 836 46.		24 177 114.		

4. Österreich.

unbek. Dat. 83. | 12. 4. 1889 73.

5. Ungarn.

15 978 73.

6. Vereinigte Staaten von Amerika.

241 859 22.	472 261 28.	641 214 73.
244 235 16.	479 596 75.	648 492 107.
244 666 121.	494 199 65.	650 062 115.
255 885 76.	511 245 75.	652 436 74.
289 631 15.	518 542 38.	652 437 74.
313 215 72.	521 168 23.	660 138 65.
375 242 155.	527 377 98.	660 139 67.
375 243 155.	527 378 98.	660 305 90.
394 090 25.	527 379 98.	704 595 24.
420 764 80.	528 924 39.	704 596 24.
425 568 76.	529 710 39.	713 652 71.
434 427 38.	529 711 39.	715 265 111.
434 428 38.	535 488 39.	724 752 106.
434 429 38.	535 489 39.	729 108 59.
434 500 38.	535 490 39.	761 971 16.
434 587 94.	535 491 39.	764 174 133.
449 186 65.	546 417 39.	764 175 133.
461 437 75.	577 270 102.	764 176 147.
470 620 155.	588 177 98.	764 177 133.
472 037 22.	620 855 155. 156.	

764 178	147.	781 288	22.	811 819	134.
773 838	117.	781 289	20.	813 862	69.
773 839	120.	781 290	20.	824 684	159.
775 187	52.	781 338	42.	839 984	135.
775 188	58.	786 577	133.	839 985	136.
779 090	20. 21.	808 086	114.	842 391	153.

Berichtigungen.

Es ist zu lesen auf

Seite 1, Zeile 12, statt „durch einen aus Wismuth ersetzt“ „durch einen aus Antimon ersetzt“.

Seite 7, letzte Zeile des dritten Absatzes, statt „BH“ „PdH“.

Seite 10, erste Zeile des letzten Absatzes, statt „Gold und Zink“ „Gold und Zinn“.

Seite 75, Schluß des zweiten Absatzes, statt „steht“ „steht⁸⁾“.

